

THESIS

MUNICH

1967

SCHWERSTE BERSTUNGSFRAKTUREN
AM THORACOLUMBALEN ÜBERGANG
UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DER BEHANDLUNG

Peter Kramme

LANE MEDICAL LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY
300 PASTEUR DRIVE
PALO ALTO, CALIF. 94304

AUS DER ORTHOPÄDISCHEN KLINIK DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Direktor: Prof. Dr. M. Lange

SCHWERSTE BERSTUNGSFRAKTUREN
AM THORACOLUMBALEN ÜBERGANG
UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DER BEHANDLUNG

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Peter Krammer
aus München

München 1967

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter:	Priv. - Doz. Dr. E. HIPPE
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. M. LANGE
Dekan:	Prof. Dr. F. HOLLE

Tag der mündlichen Prüfung: 17.10.1967

M E I N E N L I E B E N E L T E R N



Digitized by the Internet Archive
in 2026

INHALTSVERZEICHNIS

EINLEITUNG	5
ALLGEMEINES ÜBER WIRBELFRAKTUREN	6
Lokalisation der Frakturen	6
Altersverteilung der Wirbelfrakturen	10
Arten der Wirbelsäulenverletzungen	11
Ursachen der Frakturen	17
Beteiligung des Spinalnervensystems	19
Wirbelfrakturen bei Skistürzen	20
BERSTUNGSFRAKTUREN AM THORACOLUMBALEN ÜBERGANG DER WIRBELSÄULE	25
DEFINITION DER BERSTUNGSFRAKTUR	25
SCHÄDIGUNG DES SPINALNERVENSYSTEMS AUF GRUND VON BERSTUNGSFRAKTUREN	26
Allgemeines zur Symptomatik der Querschnittslähmungen bei schwersten Berstungsfrakturen	26
Ursachen der Querschnittslähmungen bei Wirbelsäulenverletzungen	27
Totale Rückenmarksdurchtrennung	27
Rückenmarkskompression durch knöcherne Teile	29
Rückenmarkskompression durch Hämatome und Marködeme	30
Rückenmarkskompression durch dorsalen Bandscheibenprolaps	32
Durchblutungsstörungen am Rückenmark	32

GRUNDSÄTZLICHES ZUR BEHANDLUNG DER WIRBELFRAKTUREN	33
Konservative Behandlung nach MAGNUS	33
Ruhigstellung im Gipsbett oder Korsett ohne vorausgegangene Reposition der Fraktur	34
BÖHLERSches Aufrichtungsverfahren	35
Chirurgische Behandlung	36
Stabilisierende Operationen	40
 KASUISTIK	 42
 DISKUSSION	 58
Unfallhergang und Verletzungsmechanismus	58
Heilungsergebnisse	59
Lähmungen	59
Statik und Beweglichkeit der Wirbelsäule	63
Durchbau der Fraktur	65
Subjektive Beschwerden	65
 ZUSAMMENFASSUNG	 67
 LITERATURVERZEICHNIS	 69

EINLEITUNG

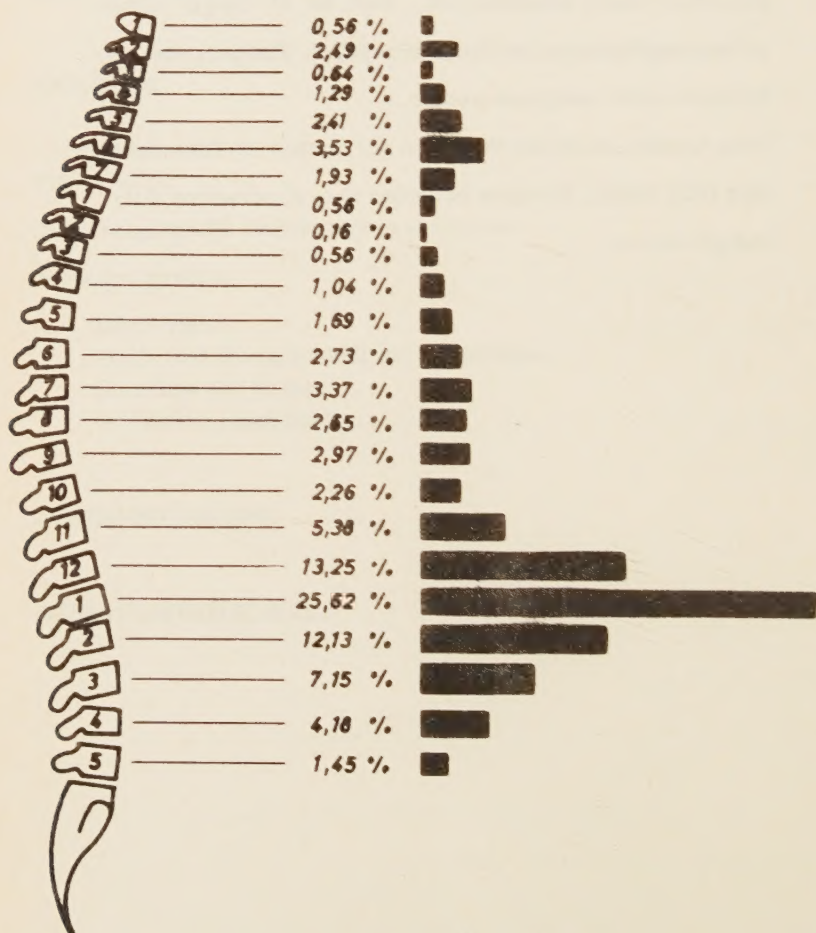
In dieser Arbeit sollen an Hand des Krankengutes der Orthopädischen Klinik München (Dir.: Prof. Dr. M. Lange) schwere Berstungsfrakturen am thoracolumbalen Übergang der Wirbelsäule näher analysiert werden.

Dazu wurden sämtliche Frakturen der letzten 15 Jahre kontrolliert (902 Fälle). Darunter befanden sich 10 schwerste Berstungsfrakturen.

ALLGEMEINES ÜBER WIRBELFRAKTUREN

LOKALISATION DER FRAKTUREN

902 Patienten der letzten 15 Jahre wurden ausgewertet. Es zeigt sich folgende Verteilung der Frakturen auf die einzelnen Wirbelkörper:



Insgesamt fanden sich bei 902 Fällen 1245 Wirbelverletzungen. Sie setzen sich folgendermaßen zusammen:

WK	trau- matische Frakturen	osteo- porot. Frakturen	Luxa- tionen	schwere Subluxa- tionen	Gesamtzahl der WS-Ver- letzungen
1. HWK	7				7
2.	31				31
3.	5		1	2	8
4.	11		3	2	16
5.	24		1	5	30
6.	38		5	1	44
7.	24				24
1. BWK	7				7
2.	2				2
3.	4	3			7
4.	11	2			13
5.	19	2			21
6.	31	3			34
7.	40	2			42
8.	29	4			33
9.	31	6			37
10.	22	6			28
11.	57	10			67
12.	153	12			165
1. LWK	300	19			319
2.	145	6			151
3.	84	5			89
4.	49	3			52
5.	16	2			18
	1142	83	10	10	1245

TABELLE 1

Außerdem fanden sich 3 Kreuzbein- und 9 Steißbeinfrakturen.

Bei der Verteilung der Wirbelverletzungen auf die einzelnen Wirbelkörper wurden in Tabelle 2 dem eigenen Untersuchungsergebnis mehrere andere Statistiken gegenübergestellt.

WK	Magnus	Haumann	Lob 1941	Lob 1954	Hopf	eigene Unter- suchun- gen	Flin- der - Han- sens	Jef- fer- son
1. HWK	0,00		0,00	2,41	0,28	0,56	33,33	
2.	0,42		1,97		2,00	2,49		
3.	0,28				0,57	0,64		
4.	0,56				0,43	1,29		5,5
5.	0,85		1,12	2,06	1,40	2,41		10,1
6.	0,85		3,11	3,09	1,90	3,53		12,4
7.	0,56		1,41	1,72	3,00	1,93		6,5
1. BWK	0,00		1,13	7,22	0,14	0,56	57,72	
2.	0,00				0,28	0,16		
3.	0,56				0,50	0,56		
4.	0,56				1,50	1,04		
5.	0,42		3,39	3,78	2,90	1,69		
6.	0,28		8,76	12,73	3,70	2,73		
7.	0,42				4,00	3,37		
8.	1,42	0,87			3,40	2,65		
9.	1,28	1,88	0,35	2,06	3,70	2,97		
10.	2,71	3,63	2,54	1,37	3,30	2,26		3,5
11.	6,98	5,43	5,37	4,47	4,50	5,38		4,5
12.	18,37	13,05	15,25	12,37	15,70	13,25		9,7
1. LWK	27,49	26,91	41,80	27,84	24,50	25,62	8,95	10,1
2.	15,52	15,36			11,50	12,13		5,0
3.	8,26	7,43			6,50	7,15		
4.	9,11	6,11			3,30	4,18		
5.	2,99	3,63			1,00	1,45		

TABELLE 2

Vergleichende Übersicht mehrerer Lokalisationsstatistiken in Prozenten

Die Lokalisationsstatistiken lassen sich in zwei Gruppen aufteilen:

Bei MAGNUS, HAUMANN, LOB und HOPF ergibt sich der Brust-Lenden-Übergang als hauptsächlich betroffene Gegend. In weitem Abstand folgt dann erst der Hals-Brust-Übergang. Nach HOPF wird diese Verteilung von einer übergroßen Mehrzahl von Autoren bestätigt. Auch unsere Statistik weist diese Verteilung auf. Der Brust-Lenden-Übergang (12.BWK bis 2.LWK) ist mit 51,00 % am häufigsten betroffen (HOPF 51,70 %, MAGNUS 61,54 %, LOB 57,05 % bzw. 40,21 %, HAUMANN 55,32 %). Für die untere Halswirbelsäule (5. bis 7.HWK) ergab sich ein Wert von 7,87 % (HOPF 6,30 %, LOB 6,87 % bzw. 5,64 % und MAGNUS 2,28 %).

Die zweite Gruppe von Statistiken, die nach HOPF in der Minderzahl ist, weist eine größere Häufung von Brüchen an der Halswirbelsäule auf als am Brust-Lenden-Übergang. Bei JEFFERSON ergibt sich für die untere Halswirbelsäule (5. bis 7.HWK) ein Wert von 29 %, für den 12.BWK bis 2.LWK ein Wert von 24,80 %. Aus der dänischen Statistik von FLINDER-HANSENS standen uns keine Einzelwerte zur Verfügung. Sie läßt sich jedoch mit 33,33 % Halswirbelsäulenverletzungen und nur 8,95 % an der Lendenwirbelsäule wohl zu der zweiten Gruppe zählen.

An der Brustwirbelsäule ergab sich ein Anstieg der Werte vom 2. bis zum 7.BWK, also etwa bis zum Scheitelpunkt der Brustkyphose. Dann stiegen die Werte wieder gering ab um am Brust-Lenden-Übergang ihren Höhepunkt zu erreichen. Auf die mittlere Brustwirbelsäule (5. bis 8.BWK) entfielen 10,44 % der Frakturen (HOPF 14,00 %, LOB 12,15 % bzw. 16,51 %, MAGNUS 2,56 %).

Häufigkeitsfolge

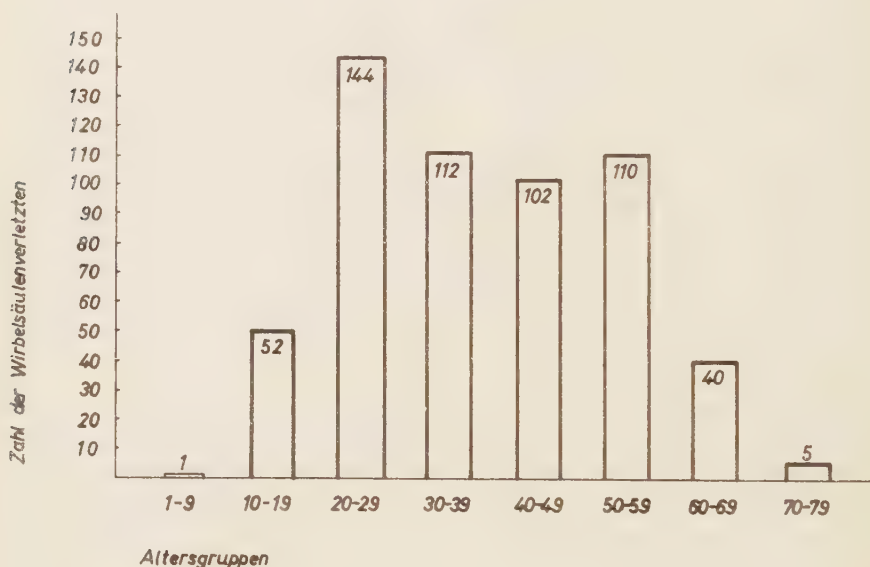
Ordnet man die Wirbelkörper nach der Häufigkeit, mit der sie verletzt werden, so ergibt sich untenstehende Reihenfolge:

	eigene Ergebnisse	HOPF	MAGNUS
Häufigkeit	1. LWK	1. LWK	1. LWK
nimmt in	12. BWK	12. BWK	12. BWK
Pfeilrichtung	2. LWK	2. LWK	2. LWK
ab	3. LWK	3. LWK	5. HWK
	11. BWK	11. BWK	6. HWK

Unsere Ergebnisse stimmen mit denen von HOPF in den ersten fünf Wirbelkörpern und mit denen von Magnus bis zum dritten Wirbelkörper überein.

ALTERSVERTEILUNG DER WIRBELFRAKTUREN

566 Fälle zeigten folgende Altersverteilung. Diese wurden so ausgewertet, daß Altersgruppen gebildet wurden, die jeweils einen Zeitraum von zehn Jahren umfaßten.



Der Gipfelpunkt ist mit 144 Fällen in der Altersklasse zwischen 20 und 29 Jahren erreicht. Das ist auffallend und weicht von der Altersstatistik nach LOB ab, in welcher der Gipfel in den Zeitraum zwischen 30 und 39 Jahre fällt. Eine Erklärung für diese Abweichung unserer Statistik gibt die relativ hohe Zahl von Sportunfällen (64), die überwiegend jüngere Patienten erlitten. Ein zweiter jedoch geringerer Anstieg (110 Fälle) zeigt sich in der Altersklasse von 50 bis 59 Jahren durch die Einbeziehung von Wirbelbrüchen an der osteoporotischen Wirbelsäule, die entweder durch Bagatellunfälle ausgelöst wurden oder durch Gewalteinwirkungen, die gutachtlich als Teilursache anerkannt waren.

ARTEN DER WIRBELSÄULENVERLETZUNGEN

I. Wirbelkörperbrüche

mit oder ohne Bandscheibenverletzung

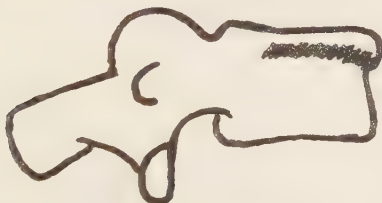
1. Reine Kompressionsfrakturen

511 (41,89 %)

Man versteht darunter Zusammendrücksbrüche mit mehr oder weniger starker Erniedrigung, keilförmiger Deformierung meist von dorsal nach ventral, seltener in frontaler Richtung. Parallel zur Deckplatte finden sich oft Verdichtungszone, Abtauchungen der Deck- und Grundplatten sind möglich, so daß sich Stufenbildungen in der vorderen Kontur der Wirbelkörper ergeben. Die Deck- und Grundplatten sind nicht eingebrochen.

a. Kompressionsfrakturen um weniger als halbe Wirbelkörperhöhe

365 (29,92 %)



b. Kompressionsfrakturen um mehr als halbe Wirbelkörperhöhe

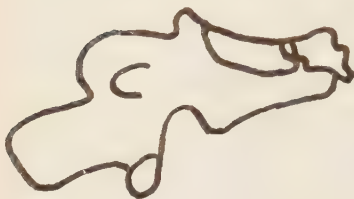
146 (11,97 %)

Häufig sind diese Brüche von Subluxationen der entsprechenden Wirbelgelenke begleitet.



2. Wirbelkörperfrakturen mit Randleistenabbrüchen
(= Kantenabbrüchen)

54 (4,43 %)



Frakturen, die außer der meist keilförmigen Deformierung noch Abbrüche der Randleisten aufweisen. Die Wirbelgelenke stehen dabei häufig in leichter Subluxationsstellung.

3. Deck- und Grundplatteneinbrüche

381 (31,23 %)

Fast immer kombiniert mit mehr oder weniger starker Zusammenstauchung des Wirbelkörpers.

a. Deck- und Grundplatteneinbrüche
geringeren Ausmaßes

355 (29,10 %)

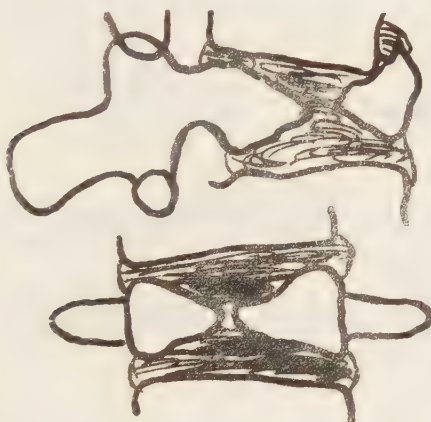
Meist sieht man Deckplatteneinbrüche. Grundplatteneinbrüche oder beide zusammen sind selten.



b. Sprengungsbrüche (Stauchquetsch-
brüche)

14 (1,15 %)

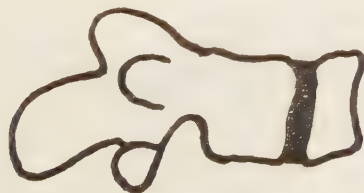
Die Wirbelkörper weisen tiefe trichterförmige Grund- und Deckplatteneinbrüche auf, so daß ein sanduhrförmiger Raum entsteht.



c. Frontalbrüche

8 (0,65 %)

Die Fraktur verläuft in der Frontalebene von der Deck- bis zur Grundplatte. Der Wirbelkörper ist oft nur gering komprimiert.



d. Schräg- oder Schubbrüche
nach SCHMORL

4 (0,33 %)

Diese Art der Fraktur ist als isolierter Wirbelkörperbruch selten, in den meisten Fällen finden sich darüber hinaus noch Luxationen, Bogen- oder Gelenkfortsatzfrakturen, Verletzungen also, die unter die vollausgebildeten Wirbelsäulenverletzungen eingereiht wurden.



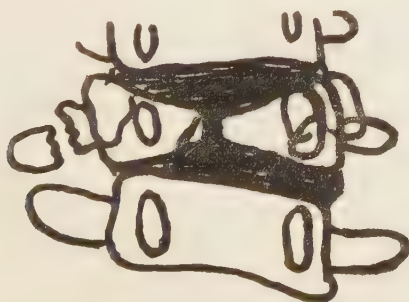
II. Vollausgebildete Wirbelsäulenverletzungen
(nach LOB)

Hierzu wurden alle Verletzungen gezählt, bei welchen sich außer einem Bruch des Wirbelkörpers und einer Bandscheibenläsion auch Bogen-, Gelenk- oder Querfortsatzfrakturen am selben Wirbel fanden. Auch Wirbelkörperbrüche kombiniert mit vollständigen Luxationen, also Luxationsfrakturen, wurden unter dieser Gruppe eingereiht. Der Wirbelkörper selbst kann bei den vollausgebildeten Wirbelsäulenverletzungen sämtliche in Abschnitt I angeführten Frakturen aufweisen, wobei jedoch tiefe trichterförmige Einbrüche der Grund- und Deckplatten weit häufiger sind als reine Zusammenstauchungen. Auch sieht man Verletzungen, bei denen die Vorderkanten der beiden dem komprimierten Wirbelkörper anliegenden Wirbel kneifzangenartig zufassen und dadurch ein vorderes keilförmiges Stück aus dem Wirbelkörper herauspressen. Sekundär entstehen bei diesen schweren Wirbelsäulentraumen Zerreißen im Bandapparat und in der Muskulatur (LOB).



1. Wirbelkörperfrakturen mit Bandscheibenverletzungen,
Bogen-, Gelenkfortsatz- und Querfortsatzfrakturen 55 (4,51 %)
2. Luxationsfrakturen 59 (4,84 %)
3. BERSTUNGSFRAKTUREN 11 (0,90 %)

Frakturen, bei welchen der Wirbelkörper in viele Bruchstücke zerborsten ist (Trümmerbruch). Daneben finden sich selbstverständlich Bogen- und Fortsatzfrakturen oder Luxationen. Diese Gruppe stellt also die morphologisch schwersten Wirbelbrüche dar.



III. Isolierte Bogen- und Fortsatzbrüche

Mit isoliert soll angedeutet werden, daß der betreffende Wirbel keine weitere Verletzung aufwies, es schließt jedoch nicht aus, daß eine zusätzliche Fraktur am darüber- oder darunterliegenden Wirbel vorhanden war.

1. Isolierte Bogenfrakturen

11 (0,90 %)

Der Wirbelbogen kann in den seitlichen Anteilen nahe der Bogenwurzel, im Zwischengelenkstück oder im hinteren Teil der Bogenplatte frakturiert sein.

2. Isolierte Querfortsatzfrakturen

67 (5,49 %)

3. Isolierte Dornfortsatzfrakturen

24 (1,96 %)

IV. Frakturen des Dens epistrophei

1. Densfrakturen ohne Dislokation

12 (0,98 %)

2. Densfrakturen mit Dislokation

14 (1,15 %)

V. Luxationen und Subluxationen ohne Fraktur

1. Luxationen

9 (0,74 %)

Diese finden sich alle an der Halswirbelsäule.

2. Subluxationen

12 (0,98 %)

Hiervon war ebenfalls nur die Halswirbelsäule betroffen. Die Subluxationsstellung war meist erheblich, ohne daß eine vollständige Luxation der Gelenkflächen festzustellen war ("reitende Luxationen" nach WITT).

URSACHEN DER FRAKTUREN

500 Fälle wurden ausgewertet. Dabei ergab sich folgende Verteilung:

	Gesamt- zahl	davon Bagatell- unfälle bzw. Teilursachen bei osteoporot. Wirbelfrakturen
Sportunfälle	64	2
davon Skiunfälle 26		
Kopfsprung in seichtes Wasser 11		
Reitunfälle 7		
Abstürze beim Bergsteigen 5		
Der Rest verteilt sich auf Stürze von Turngeräten, 2 Segelflugzeugabstür- ze, 2 Unfälle beim Schlittenfahren und Sportunfälle ohne nähere Angaben		
Verkehrsunfälle	132	6
davon waren betroffen: PKW-Fahrer 48		
LKW-Fahrer 2		
Motorradfahrer 27		
Radfahrer 10		
Fußgänger 10		
Der Rest besteht aus Verkehrsunfällen ohne nähere Angaben.		
Stürze	222	30
davon Stürze aus <u>mehr</u> als 3 m Höhe 91		
Stürze aus <u>weniger</u> als 3 m Höhe 89		
Stürze bei Glätte 30		
Stürze aus geringer Höhe mit Schleuder- oder Stoß- wirkung 12		

Fortsetzung s. Seite 18.

	Gesamt- zahl	davon Bagatell- unfälle bzw. Teilursachen bei osteoporot. Wirbelfrakturen
Bergwerksunfälle und Ver- schüttungen Steinschlag aus dem Hangenden, Haus- einstürze, Lawinenunglück (1)	15	0
Vorwiegend direkte Gewalt- einwirkungen Schlag eines niederstürzenden Baumes auf den Rücken, Sturz mit dem Rücken auf Treppenkanten oder Schienen, von ausschlagendem Pferd in den Rücken getroffen und ähnliche Unfälle. Schußverletzungen.	58	9
Überheben	10	2
Muskelkrämpfe Eklampsie, Elektroschock	2	0

Bei der Einteilung der Verletzungsursachen waren Überschneidungen nicht zu vermeiden. Z.B. kann man Abstürze beim Bergsteigen sowohl unter Sportunfälle als auch unter Stürze aus mehr als 3 m Höhe rechnen. Grundsätzlich wurde jedoch jedes Unfallereignis nur einer der Gruppen zugezählt.

Besonderer Erläuterung bedarf die Einteilung "Vorwiegend direkte Gewalteinwirkungen". Der direkte Verletzungsmechanismus ist nach LOB selten (in 7 % aller Wirbelerkrankungen). Außerdem ist eine scharfe Trennung von direktem und indirektem Mechanismus nicht möglich, da wahrscheinlich reflektorische Vorgänge und Muskelkontraktionen das Verletzungsbild mitbestimmen (LOB). Trotzdem läßt sich eine Reihe von Unfallereignissen, die sonst schwer einzuordnen sind, hier sinnvoll zusammenfassen. Unmittelbare Gewalteinwirkung kann man außerdem beim Überfahrenwerden annehmen, was in unserer Aufstellung jedoch unter die Verkehrsunfälle gerechnet wurde. Beim Steinschlag aus dem Hangenden

spricht LOB von direktem Verletzungsmechanismus. Nach MAGNUS jedoch bewirkt die auf den Rücken stürzende Last ein taschenmesserartiges Zusammenknicken der Wirbelsäule, das einen Kompressionsbruch fern dem Ansatzpunkt der Gewalt zur Folge hat. Beides erscheint möglich.

Osteoporotische Wirbelfrakturen fanden sich bei 63 Patienten. In 14 Fällen ereigneten sich die Wirbelzusammenbrüche ohne daß ein Unfallereignis vorlag, also spontan. Bei den restlichen 49 Patienten kam es meist auf Grund von Bagatellunfällen zur osteoporotischen Wirbelfrakturen. Es waren dies in der Regel Stürze bei Glätte (11), Stürze auf Treppen (8), Stürze auf den Rücken (4) und Stürze aus geringer Höhe (14). Letztere müssen jedoch in wenigen Fällen als Teilursache des Wirbelbruches angesehen werden. 4 mal kam es durch einen Sturz vom Fahrrad und 2 mal durch Überheben zu Frakturen. Eine Patientin stürzte beim Anfahren der Straßenbahn.

Als Teilursachen wurden außer einigen schwereren Stürzen 2 Motorradunfälle und 2 Sportunfälle bei älteren Patienten gewertet. Der eine der Sportunfälle war ein Sprung in seichtes Wasser, der andere ein Sturz vom Reck. Ein Patient wurde von einer ausschlagenden Kuh in den Rücken getroffen.

BETEILIGUNG DES SPINALNERVENSYSTEMS BEI WIRBELFRAKTUREN

Von dem gesamten Material wurden 746 Fälle auf eine Beteiligung des Spinalnervensystems hin untersucht. Dabei ergab sich folgende Aufgliederung:

Totale Querschnittslähmungen	31	4,14 %
Partielle Querschnittslähmungen	41	5,50 %
Wegen ungenügender Angaben nicht zu unterteilende Querschnittsläsionen	14	1,88 %
Conus-Cauda-Schädigungen	13	1,74 %
Cauda-Läsionen	10	1,35 %
Conus-Läsionen	1	0,13 %
Radiculäre Ausfälle	11	1,48 %
	121	16,22 %

Es kam also in 16,22 % der Fälle auf Grund der Wirbelfrakturen zu einer Schädigung des Spinalnervensystems.

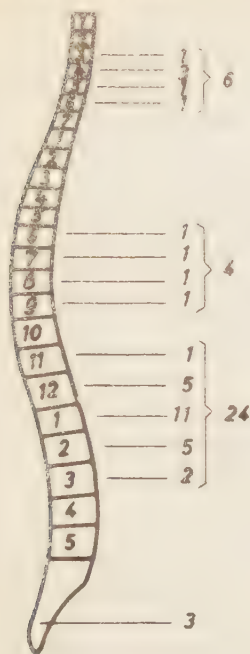
HAUMANN fand Markläsionen bei 60 % der Verletzungen, MAGNUS bei 15,52 % und bei LOB ergibt sich ein Wert von 19,28 %. Nach HOPF liegen die meisten jetzigen Angaben zwischen 15 und 25 %.

Ein strenger Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der Wirbelverschiebung und der Schwere der neurologischen Ausfälle konnte nicht gefunden werden, jedoch waren bei Halswirbelsäulenluxationen und vollausgebildeten Wirbelsäulenverletzungen, insbesondere bei Luxations- und Berstungsfrakturen Querschnittsläsionen häufiger als bei leichteren Traumen.

WIRBELFRAKTUREN BEI SKISTÜRZEN

Verglichen mit den Verletzungen der unteren und oberen Extremitäten bei Skiunfällen ist eine Beteiligung der Wirbelsäule selten (PLATZGUMMER, BAUMGARTNER). Jedoch waren Stürze beim Skifahren unter den Sportunfällen die häufigste Ursache für Wirbelsäulenverletzungen. Es fanden sich 26 Fälle. Diese sollen nach Lokalisation, Verletzungsart und Unfallhergang näher analysiert werden. (s. Seite 21).

Lokalisation:



Die Verteilung auf die einzelnen Wirbelsäulenabschnitte ergab die übliche Häufung am thoracolumbalen Übergang. Jedoch wies die mittlere und untere Halswirbelsäule (3. - 6. HWK) bei den Skiunfällen mit 17,64 % eine weit höhere Beteiligung auf als sie sich bei der Auswertung des gesamten Materials ergab (7,8 %). Axis und Atlas waren aber in keinem Fall verletzt.

Es zeigt sich somit eine größere Gefährdung der Halswirbelsäule bei Skistürzen als bei den meisten anderen Unfällen. Nur Sprünge in zu seichtes Wasser ergeben mit Sicherheit einen noch höheren Anteil. Die hohe Beteiligung der Halswirbelsäulenverletzungen bei Skistürzen ist nicht verwunderlich, da bei plötzlicher Abbremsung der Skier der Fahrer oft im Schwung kopfüber nach vorne stürzt.

Verletzungsarten: Gliedert man die Wirbelsäulenverletzungen beim Skifahren nach den verschiedenen Arten auf, so ergeben sich folgende Zahlen:

Reine Kompressionsfrakturen um weniger als halbe Wirbelkörperhöhe	7	18,92 %
Reine Kompressionsfrakturen um mehr als halbe Wirbelkörperhöhe	7	18,92 %
Wirbelkörperfrakturen mit Randleistenabbrüchen	7	18,92 %
<u>Deck- und Grundplatteneinbrüche</u>	13	35,13 %
Wirbelkörperbrüche mit Bogen- und Fortsatzfraktur	2	5,41 %
Berstungsfrakturen	1	2,70 %
	<u>37</u>	<u>100,00 %</u>

Außerdem fanden sich 3 Steißbeinfrakturen.

In sieben Fällen ereigneten sich Mehrfachbrüche. Bei einem Patienten waren insgesamt vier Wirbelkörper verletzt, bei drei Patienten drei Wirbelkörper und bei weiteren drei Verunglückten zwei Wirbelkörper.

Betrachten wir nun die einzelnen Verletzungsarten und ihre Häufigkeit so fällt folgendes auf:

1.) Frakturen, die mit Deck- und Grundplatteneinbrüchen einhergehen sind häufig. Dies hängt sicherlich mit dem Alter der Skifahrer zusammen, das im Durchschnitt bei etwa fünfundzwanzig Jahren lag (der älteste Verunglückte war 46 Jahre, der jüngste 12 Jahre alt). Zu dieser Zeit besitzen die Bandscheiben ihre volle Pufferwirkung; der Wassergehalt des Nucleus pulposus ist noch sehr hoch (GÖCKE, PÜSCHEL). Kommt es nun zu einer stauchenden Gewalteinwirkung auf die Wirbelsäule, so entfalten die prallen, noch nicht degenerierten Bandscheiben ihre volle Explosionswirkung (LOB), so daß die Deck- oder Grundplatten der Wirbelkörper einbrechen.

LINDEMANN spricht den Bandscheiben zwar die von LOB so sehr hervorgehobene aktive Sprengkraft ab. Es ist dies aber im Grunde wohl mehr ein Streit um den Begriff aktiv. Es erscheint naheliegend, daß Bandscheiben mit hohem Turgor bei starken Gewalteinwirkungen auf die Wirbelsäule häufiger Einbrüche der Wirbelkörperabschlußplatten verursachen als degenerierte Bandscheiben mit niedrigem Wassergehalt.

2.) Bei ca. 19 % der Wirbelfrakturen, die sich beim Skifahren ereigneten, fanden sich Abbrüche der Wirbelvorderkanten, während sie unter der Gesamtzahl der Fälle nur mit etwa 4 % vertreten waren. Das dürfte seinen Grund darin haben, daß neben Stauchungs- und Biegungskräften bevorzugt Schub- und Abscherkräfte auf die Wirbelsäule einwirkten. Kommt es bei Skiabfahrten, bei denen relativ hohe Geschwindigkeiten erreicht werden, durch den Sturz zu einer plötzlichen Abbremsung, so wird dabei der Oberkörper nach dem Gesetz der Trägheit nach vorne geschleudert. Hierbei treten sicherlich Schub- und Abscherkräfte an der Wirbelsäule auf, die jedoch ein gewisses Ausmaß nicht überschreiten dürften, da es sonst wohl zu den schweren Schräg- oder Schubbrüchen nach SCHMORL kommen müßte.

Unfallhergang: Nur in elf Fällen waren den Krankenblättern nähere Angaben über den Hergang des Unglücks zu entnehmen. Fünf Skifahrer sind in Tiefen von zehn bis achzig Meter gestürzt. Einer verunglückte beim Skispringen. Mit dem Gesäß auf einen Felsblock oder Pflock geprallt sind drei Patienten. Einer ist auf den Rücken gefallen, ein anderer in einer Schneeverwehung stecken geblieben und kopfüber gestürzt.

Nach BAUMGARTNER werden Frakturen am thoracolumbalen Übergang bevorzugt durch Stürze aufs Gesäß bei rasanter Fahrt und harter Bahn verursacht, während Brüche im Bereich der mittleren BWS häufiger beim Überschlagen zustande kommen. Auch ein unvermuteter nicht abgefederter Aufsprung kann nach MAR-

BERGER zu einem Wirbelbruch führen.

Bei den Stürzen aus großer Höhe ist mit Sicherheit anzunehmen, daß die Unglücklichen die Hohendifferenzen bis zu 80 Metern nur zum Teil im freien Fall zurücklegten, sonst aber große Strecken über steile Hänge hinabrutschten und dabei vielleicht an Felsblöcke prallten.

Eine Patientin, die aus 70 Meter Höhe abstürzte, sagte, sie habe sich auf einer plattformartigen Ebene am Hang befunden als plötzlich der Schnee nachgab und sie eine weite Strecke den Hang hinabkugelte. Sie sei dann auf einem sattelförmigen Vorsprung aufgeschlagen und einen Moment zur Ruhe gekommen, dann aber wieder weitergerutscht und schließlich unten an einen Felsblock geprallt.

Ein anderer Patient (H. St.) schildert seinen Unfallhergang folgendermaßen: Er sei aus 80 m Höhe abgestürzt. Während des Sturzes sei er zweimal mit dem Körper aufgeschlagen und einmal mit den Füßen aufgekommen. Anschließend habe er sich noch mehrmals überschlagen. Außerdem sei er im Verlauf des Sturzes einmal mit dem Kopf aufgeschlagen. Es ist verständlich, daß man bei solch schweren Unfällen vom Patienten keine erschöpfende und vor allem im Sinne der medizinischen Fragestellung befriedigende Auskunft über den Unfallhergang erhalten kann. Deshalb sei auf Grund des Röntgenbefundes eine Rekonstruktion des Verletzungsmechanismus erlaubt.

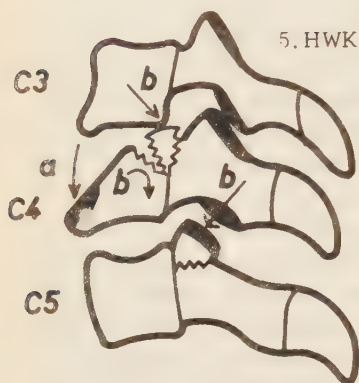
Röntgenbefund (H. St.): 4. HWK ventral auf ein Viertel komprimiert, Deckplatte zerstört. Infraktion an der hinteren oberen Wirbelkörperkante. Abbruch eines oberen Gelenkfortsatzes. C4 gegenüber C3 um 7 mm dorsal verschoben.

Durch Hyperflexion der Halswirbelsäule wurde der 4. HWK ventral auf ein Viertel seiner Höhe komprimiert. Die Infraktion an der hinteren oberen Kante des 4. HWK und der Abbruch eines oberen Gelenkfortsatzes sind aber schwerlich durch Überbeugung verursacht worden. Viel wahrscheinlicher sind sie infolge einer Hyperextension entstanden, wobei sich die hintere untere Kante von C3 in C4 gepreßt hat und ein unterer Gelenkfortsatz des 3. Halswirbels einen oberen des 4. Halswirbels abgerissen hat.

Es muß angenommen werden, daß hier, wie auch in einem weiteren Fall (M. G.), sowohl ein Hyperflexions- als auch ein Hyperextensionsmechanismus nacheinander zur Wirkung kamen.

Fall M. G.

- Röntgenbefund:
- 3. HWK nach dorsal verschoben
 - 4. HWK ventral komprimiert, Absprengung eines hinteren oberen Keiles in Bogenwurzelnähe.
 - 5. HWK Abbruch eines kranialen Gelenkfortsatzes.



Die keilförmige Kompression des 4. HWK läßt sich durch Überbiegung der Halswirbelsäule erklären (Pfeil a). Bei der Überstreckung wurde dann durch die hintere untere Kante des 3. HWK aus C4 hinten oben ein Keilfragment herausgepreßt und gleichzeitig der 4. HWK samt Gelenkfortsätzen im Uhrzeigersinn so gedreht, daß am 5. HWK ein kranialer Gelenkfortsatz abbrach. Der Überstreckungsmechanismus ist im Schema durch die Pfeile b angedeutet.

Der Patient, der diese Verletzungen aufwies, war in einer Schneeverwehung steckengeblieben und kopfüber gestürzt.

Frakturen mit Beteiligung des Spinalnervensystems fanden sich in 15 % der Fälle. Eine Brustwirbelmehrfachfraktur hatte eine totale Querschnittslähmung zur Folge. Der Patient erlitt einen Sturz beim Skispringen. Auf eine Berstungsfraktur des 2. LWK, die eine Conus-cauda-Läsion mit partieller Querschnittssymptomatik verursachte, soll später ausführlich eingegangen werden. Die oben als Fall M. G. genauer analysierte Halswirbelsäulenverletzung ging mit einer Parese beider Arme und Paraesthesien einher. Bei einem Patienten fanden sich vorübergehende Hypästhesie und motorische Schwäche im linken Arm nach einer starken Kompressionsfraktur des 4. HWK.

BERSTUNGSFRAKTUREN AM THORACOLUMBALEN ÜBER- GANG DER WIRBELSÄULE

Zehn schwerste Berstungsfrakturen waren am thoracolumbalen Übergang lokalisiert; diese sollen nun eingehend betrachtet werden.

DEFINITION DER BERSTUNGSFRAKTUR

Der Wirbelkörper ist in mehrere Teile zerborsten. In der Regel bestehen tiefe trichterförmige Grund- und Deckplatteneinbrüche, so daß das von den beiden angrenzenden Bandscheiben in den Bruchspalt eindringende Gewebe sich berührt. In der seitlichen Röntgenaufnahme finden sich daher meist ein oder mehrere von cranial nach caudal verlaufende breite Frakturspalten. Im anteroposterioren Strahlengang erscheint der Wirbelkörper verbreitert, da die Fragmente radiär nach außen gepreßt werden. Weiter sieht man häufig einen Frakturspalt in der Sagittalebene, der von cranial nach caudal durch den Wirbelkörper zieht. Außer dem Bruch des Wirbelkörpers sind noch Bogen-, Gelenkfortsatz- oder Querfortsatzfrakturen zu finden.

Da bei den Berstungsfrakturen immer eine Zerreißung der angrenzenden Bandscheiben vorliegt, gehen diese Brüche meist mit einer erheblichen Dorsalverschiebung des verletzten Wirbels oder eines großen hinteren Fragmentes einher.

Die Berstungsfraktur ist identisch mit den im deutschen Schrifttum verwendeten Begriffen "Trümmerfraktur" oder "Zertrümmerungsbruch" (z.B. bei SCHMORL-JUNGHANNS und LOB).

HOLDSWORTH verwendet die Bezeichnung "compression-burst-fracture" dann, wenn der Wirbelkörper zerschmettert ist und die Fragmente vom Zentrum nach außen verschoben sind. Nach seiner Definition bleiben hierbei alle Bänder intakt, so daß er von einer stabilen Fraktur spricht.

Wir verwendeten die Bezeichnung Berstungsfraktur in allen Fällen, in denen der Wirbelkörper zertrümmert war, also aus mindestens drei Teilen bestand. Darunter fanden sich auch Verletzungen mit Luxationen des frakturkranialen Wirbels nach ventral und lateral oder mit Torsionsluxationen, Traumen, die im Schrifttum überwiegend unter dem Sammelbegriff Luxationsfrakturen ein-

gereiht werden. Bei HOLDSWORTH findet sich die Bezeichnung "rotational fracture-dislocation". Er versteht darunter eine Horizontalfraktur des Wirbelkörpers, Bruch der Gelenkfortsätze und Ruptur aller größeren Bänder. Wegen der Verletzung der Ligamenta ist diese Fraktur am unstabilsten von allen Wirbelsäulenverletzungen und meist mit Querschnittslähmungen verbunden.

SCHÄDIGUNG DES SPINALNERVENSYSTEMS AUF GRUND VON BERTUNGSG- FRAKTUREN

Allgemeines zur Symptomatik der Querschnittslähmungen bei schwersten Bertungsfrakturen

Man unterscheidet totale und partielle Querschnittslähmungen. Eine vollständige Lähmung liegt dann vor, wenn unterhalb des verletzten Segmentes eine schlaffe Lähmung besteht, sämtliche Reflexe fehlen, völliger Verlust der Oberflächen- und Tiefensensibilität besteht und außerdem Blasen- und Mastdarmstörungen vorhanden sind. Die Tatsache, daß bei akut eintretenden Querschnittsunterbrechungen sofort eine schlaffe Lähmung auftritt und nicht eine spastische, da doch die Pyramidenbahn unterbrochen ist, beruht auf einem spinalen Schock (LAUBENTHAL).

Bei einer teilweisen Querschnittslähmung sind noch einige muskuläre Funktionen erhalten. Es finden sich Unterschiede in der Höhe oder Intensität der Sensibilitätsstörungen. Die Reflexe können teilweise noch ausgelöst werden. Nach BÖHLER ist schon die erhaltene Empfindlichkeit der großen Zehe ein Hinweis auf eine nur partielle Querschnittslähmung.

Eine Cauda-equina-Schädigung zeigt radikuläre Ausfallserscheinungen mit Sensibilitätsstörungen, schlaffen Lähmungen und fehlenden Achillessehnenreflexen.

Bei einer Conus-Läsion finden sich eine sog. "Reithosenanästhesie", Blasen- und Mastdarmstörungen. Außer der Lähmung einiger Fuß- und Zehenflexoren sind keine motorischen Ausfälle vorhanden. Die Sehnenreflexe sind normal.

Meist findet sich die Conus-Läsion kombiniert mit einer Cauda-Schädigung.

Ursachen der Querschnittslähmungen bei Wirbelsäulenverletzungen

Bei der Entstehung von Querschnittslähmungen auf Grund von Wirbelfrakturen spielen mehrere Faktoren eine Rolle. Einmal kann es durch eine mechanische Durchtrennung des Rückenmarkes, die besonders bei schweren Luxationsfrakturen möglich ist, zu einer vollständigen Paraplegie kommen. Doch braucht durchaus nicht immer eine totale Kontinuitätstrennung vorzuliegen; es sind auch Rückenmarksverletzungen durch abgesprengte und eingespießte Wirbelfragmente möglich. Von großer Bedeutung sind zweifellos alle Arten von Druckeinwirkungen und Quetschungen, die durch den Wirbelbruch am Rückenmark oder an der Cauda equina entstehen. Dabei kann die Kompression durch knöcherne Teile wie Bogen, Wirbelkörperfragment und Gelenkfortsatz oder durch Hämatome in den Rückenmarkshäuten ausgeübt werden. Auch dorsale Bandscheibenprolapse können Lähmungen auslösen. Weiter können Lähmungserscheinungen auf Grund von Durchblutungsstörungen durch Verletzung der das Rückenmark versorgenden Blutgefäße entstehen. Infolge Stauchungen und Kontusionen der Wirbelsäule kann es zur Rückenmarksblutung, der sog. "Hämatomyelie" kommen.

Für eine sinnvolle Behandlung der Wirbelbrüche mit Beteiligung des Spinalnervensystems ist es entscheidend wichtig, zu wissen, welche Bedeutung den einzelnen Faktoren zukommt und wie sie diagnostisch voneinander abgegrenzt werden können.

Totale Rückenmarksdurchtrennung

Zu einer vollständigen Rückenmarksdurchtrennung oder Abquetschung sind erhebliche Krafteinwirkungen notwendig. So führt z.B. eine komplette Luxation mit Überlappung der zwei Wirbelsäulenteile mit großer Sicherheit zu einer Querschnittsdurchtrennung. Jedoch gibt es seltene Fälle von Luxationsfrakturen, bei welchen es trotz einer seitlichen Verschiebung um ganze Wirbelkörperbreite nicht zu einer totalen Querschnittsläsion gekommen ist (SCHMORL und JUNGHANN).

Allgemein wird jedoch bei hochgradiger oder totaler Wirbelluxation eine vollständige Kontinuitätstrennung des Rückenmarkes angenommen, wenn klinisch eine komplette Querschnittslähmung besteht (PAMPUS und KAHL)

und diese unmittelbar nach der Verletzung eingetreten ist (BÜRKLE DE LA CAMP).

GUTTMANN spricht von einer völligen Rückenmarksdurchtrennung, wenn bei einer kompletten Querschnittslähmung eine schlaffe Parese 48 Stunden anhält. Dieser Schluß ist aber nicht zwingend (HOPF, NICOLL).

FOERSTER schreibt: "Alle Versuche, in einem gegebenen Fall traumatischer Rückenmarksläsion bereits zu Anfang eine definitive, irreparable, totale Durchtrennung von einer partiell oder vollkommen reparablen Querläsion auch nur einigermaßen sicher zu unterscheiden, sind mißlungen".

HOLZER und KLOSS fanden auf Grund pathologisch-anatomischer Untersuchungen unter 94 Fällen von tödlichen Wirbelsäulenverletzungen, wobei nur in etwa der Hälfte der Fälle der Tod in direktem Zusammenhang mit der Verletzung stand,

15 mal eine totale Rückenmarksdurchtrennung und

12 mal eine komplette Querschnittsquetschung.

Bei der totalen Durchtrennung waren die Enden des Rückenmarkes jeweils bis zu zwei Zentimeter voneinander gewichen. Die vollständigen Kontinuitätstrennungen fanden sich alle in Höhe der Halswirbelsäule, die kompletten Querschnittsquetschungen verteilten sich über Hals- und Brustwirbelsäule.

Kann man auch bei einer unmittelbar nach der Verletzung aufgetretenen totalen Querschnittslähmung, die unverändert fortbesteht im Zusammenhang mit einer röntgenologisch nachgewiesenen starken Luxation eine komplette Querschnittsläsion mit einiger Sicherheit annehmen, so schließt andererseits eine geringere Wirbelverschiebung beim neurologischen Status einer totalen Lähmung eine vollständige Markdurchquetschung nicht sicher aus, da auch stärkere Verrenkungen unmittelbar nach der Gewalteinwirkung wieder zurückfedern können.

NICOLL beschreibt einen interessanten Fall einer Berstungsfraktur an der Lendenwirbelsäule, bei dem man auf Grund des Röntgenbildes eine totale Querschnittsläsion hätte annehmen müssen, das Rückenmark einer völligen Durchtrennung aber dadurch entging, daß es zwischen die Wirbelkörperfragmente schlüpfte.

Rückenmarkskompression durch knöcherne Teile

Aus einer Statistik von SCHMIEDEN und MAHLER über Operationsbefund und Erfolg von 217 Laminektomien, die wegen Wirbelfrakturen mit Rückenmarksbeteiligung durchgeführt wurden, geht hervor, daß in 27 % der Fälle Knochensplitter und in 37 % eine Achsenknickung der Wirbelsäule als Ursache der Lähmungserscheinungen anzusehen waren. Es lag also in 64 % der operierten Fälle eine Markkompression durch Knochenteile vor. Dabei ist aber zu berücksichtigen, daß es sich hier wahrscheinlich überwiegend um Spätlaminektomien handelte (frühestens drei Wochen nach der Verletzung). Es kann sich also das Verhältnis Rückenmarkskompression durch Knochenteile zu Kompression durch Hämatom etwas zugunsten des ersteren verschoben haben, dadurch, daß sich manche Hämatome wieder zurückbildeten und deshalb nicht zur Operation kamen.

Wird der Bogen bei direkten Traumen gegen das Rückenmark gepreßt, so kommt es zu Bogenimpressionsfrakturen, die häufig nur eine Quetschung des Rückenmarkes ohne direkte Läsion zur Folge haben (SCHMIEDEN und MAHLER).

JONAS beschreibt zwei Fälle von Rückenmarkskontusion auf Grund von Druckwirkung durch frakturierte und wieder zurückgefederte Wirbelbögen. In beiden Fällen erschienen die Meningen durch ein hämorrhagisches Infiltrat verdickt, das sich etwas auf das Rückenmark erstreckte.

Eine häufige Ursache von Querschnittslähmungen ist eine Quetschung des Rückenmarkes durch die nach hinten vorspringende obere Kante des gebrochenen Wirbelkörpers (BÖHLER). Die Wirbelsäule weist hierbei einen starken Knick auf, der verletzte Wirbel ist erheblich nach dorsal dislociert.

Auch abgebrochene Gelenkfortsätze und Wirbelkörperfragmente können Druckerscheinungen am Rückenmark auslösen. Von besonderer Bedeutung ist vor allem das von LOB beschriebene dorsocraniale Wirbelkörperkeilfragment, das bei unzureichenden Aufrichtungsmanipulationen noch weiter in den Rückenmarkskanal gepreßt werden kann.

Zu einer vorwiegend mechanischen Markschädigung dürfte es nach TÖNNIS wohl erst dann kommen, wenn ein Wirbel um mehr als ein Drittel seiner Breite nach dorsal verschoben ist. Treten Rückenmarkerscheinungen erst einige Zeit nach dem Unfall auf, so kann das unter anderem durch eine nachträgliche Verschiebung von Bruchstücken des Wirbels hervorgerufen worden sein (JUNGHANNS).

Rückenmarkskompression durch Hämatome und Marködeme

Die Ansichten über die Bedeutung von Hämatomen der Rückenmarkshäute als Ursache von Lähmungserscheinungen gehen weit auseinander. Insbesondere wird die Frage, ob durch ausgedehnte und lange bestehende Hämatome Dauerlähmungen ausgelöst werden können, nicht einheitlich beantwortet.

HOLZER und KLOSS untersuchten, wie oben erwähnt, 94 Fälle tödlicher Wirbelsäulenverletzungen und kamen zu dem Schluß, daß "keines der beobachteten Hämatome als raumbeschränkende Läsion bezeichnet und für die neurologischen Ausfallserscheinungen verantwortlich gemacht werden (konnte)."

Im Gegensatz dazu fanden SCHMIEDEN und MAHLER bei 217 Laminektomien in 23 Fällen (12 %) ein Hämatom, das sie als Ursache der neurologischen Ausfälle ansahen.

DAWSON beschreibt zwei Fälle von Paraplegie auf Grund einer spinalen Epiduralblutung. Die Blutungen entwickelten sich auf dem Boden kleinerer venöser, angiomähnlicher Mißbildungen im Epiduralraum, und zwar bei dem einen Patienten langsam, beim zweiten plötzlich durch einen Sturz mit Überstreckung des Rückens. Da in keinem der Fälle eine Wirbelfraktur bestand, so müssen die Hämatome eine Rückenmarkskompression verursacht haben und für die Lähmungserscheinungen verantwortlich gemacht werden.

Nach LOEW und HERRMANN kommen epidurale, intradurale und extramedulläre Hämatome allerdings nur selten in raumbeengender Ausprägung vor, da das Blut im lockeren Epiduralgewebe bzw. im Liquorraum die Möglichkeit hat, sich weit auszubreiten. Auch JELLINGER mißt den Hämatomen der Rückenmarkshäute aus diesem Grunde eine geringe Bedeutung zu. Er räumt allerdings ein, daß es durch spätere Organisationsvorgänge zu Verklebung, Narben- und Cystenbildung im Rückenmarkskanal kommen kann und damit zu adhäsiven chronischen Arachnoiditen mit Druckerscheinungen und Störungen der Liquorzirkulation (MAUS und KRÜGER). In gleichem Sinne spricht sich auch KLAUE aus,

BÖHLER hält einen durch Bluterguß auf das Rückenmark ausgeübten Druck als Ursache einer Dauerlähmung für recht fraglich. BÜRKLE DE LA CAMP schreibt dazu: "Eine im Bereich der Markquetschung entstandene Blutung, eine intradurale Blutansammlung und vor allem ein posttraumatisches Ödem im Rückenmarkskanal können durch ihren Druck die nervösen Ausfallserscheinungen hervorrufen oder vorübergehend verschlimmern und auch stärkere Zerstörungen vortäuschen, als tatsächlich vorhanden sind."

Der Verdacht, daß eine raumbeengende spinale Blutung stattgefunden oder ein komprimierendes Marködem sich

entwickelt hat, ist immer dann begründet, wenn nach einem freien Intervall neurologische Ausfallserscheinungen auftreten oder schon vorhandene Ausfälle zunehmen (LOEW und HERRMANN).

Differentialdiagnostisch ist hier in erster Linie eine Abgrenzung gegenüber lokalen Zirkulationsstörungen notwendig (LOEW und HERRMANN), da durch eine Laminektomie zwar die Druckerscheinungen eines Hämatoms beseitigt werden können, andererseits aber beim Vorliegen lokaler Zirkulationsstörungen ein operativer Eingriff durch zusätzliche Verletzung von Blutgefäßen und in der Folge durch Thrombosierung spinaler Gefäße (GUTTMANN) aus einer vielleicht noch reversiblen Markschädigung eine bleibende machen kann.

Von verschiedenen Autoren (CRUTCHFIELD und SCHULTZ, EHALT und TITZE, LOEW und HERRMANN, DRIESEN, DAVIS) wird daher die Durchführung des QUECKENSTEDT'schen Versuches und zur genauen Lokalisation des Liquorstops die Myelographie empfohlen.

Technik des QUECKENSTEDT'schen Versuches: Man führt in Seitenlage des Patienten eine Lumbalpunktion durch. Komprimiert man nunmehr die Jugularvenen am Hals durch Fingerdruck, so führt die Abflußbehinderung in den intrakraniellen Venen zu einer Erhöhung des Schädelinnendruckes. Diese Drucksteigerung pflanzt sich bei freier Liquorpassage auf den gesamten Subarachnoidalraum fort. Sie kann durch ein angeschlossenes Steigröhrchen gemessen oder auch an einem vermehrten Abtropfen des Liquors erkannt werden (positiver QUECKENSTEDT). Ist die Passage unterbrochen, so bleibt der Druckanstieg aus (negativer QUECKENSTEDT).

Beim kombinierten QUECKENSTEDT'schen Versuch wird nicht nur lumbal sondern auch suboccipital punktiert. An beiden Kanülen werden Steigröhrchen angeschlossen. Durch diese Methode können auch Störungen der Liquorpassage erfaßt werden, bei welchen die Druckänderungen lumbal nur zögernd und vermindert dem suboccipitalen Druckanstieg folgen.

Die Technik der Myelographie ist heute so ausgebildet, daß sie bei Berücksichtigung einer einwandfreien Technik ohne Nachteile durchgeführt werden kann. Nach SCHLEGEL jedoch sollen bei Frischverletzten Kontrastmitteldarstellungen des Spinalkanals vermieden werden. Sie haben nach DECKER im akuten Zustand nur dann Sinn, wenn trotz Lähmungserscheinungen keine Wirbelverletzung festzustellen ist oder eine Diskrepanz zwischen neurologischen Ausfällen und Höhe des verletzten Wirbels besteht.

Rückenmarkskompression durch dorsalen Bandscheibenprolaps

Lähmungserscheinungen bei Wirbelbrüchen können auch durch dorsale Bandscheibenprolapse ausgelöst werden (LOB, BÖHLER, SCHMORL und JUNGHANS). Solche traumatische Bandscheibenvorfälle werden jedoch von BÜCKLE DE LA CAMP und TÖNNIS als Seltenheit bezeichnet. Eine Begründung dafür gibt ÜBERMUTH: "Der übliche Mechanismus der Wirbelsäulenschädigung durch Trauma, die Hyperflexion ist durchaus ungeeignet für hintere Bandscheibenprotrusionen... Das Ausrücken des unfallverletzten Wirbels nach dorsal, die Erweiterung des Zwischenraumes nach ventral, die Entspannung des vorderen Längsbandes unter der Hyperflexion lassen es geradezu errechnen, daß Massenverschiebungen der Bandscheibe... nur nach ventral und seitlich bzw. axiointervertebral austreten können... Dagegen ist die Hyperlordosierung der Mechanismus, welcher hintere Bandscheibenvorfälle zustande bringen kann." Diese Erklärung wurde durch experimentelle Untersuchungen von ROAF bestätigt. Da Burstingfrakturen hauptsächlich durch axial einwirkende Stauchungskräfte entstehen und immer tiefe Grund- und Deckplatteneinbrüche aufweisen, so dringt hier das Bandscheibengewebe in der Regel in die Bruchtrichter vor.

Durchblutungsstörungen am Rückenmark

Eine wesentliche Rolle beim Zustandekommen von neurologischen Ausfällen spielt sicher die traumatisch bedingte Mangeldurchblutung des Rückenmarkes. Darauf hat vor allem TÖNNIS in einer ausführlichen Arbeit hingewiesen. Er konnte zeigen, daß in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle zwischen Höhe der Wirbelverletzung und oberer Grenze der neurologischen Ausfälle keine Abhängigkeit besteht. Trotz Verletzungen in den verschiedensten Höhen treten die Lähmungen bevorzugt ab bestimmten Rückenmarkssegmenten auf. Da die Wurzelarterien unterschiedlich stark ausgebildet sind, so daß die Blutversorgung im wesentlichen nicht segmental sondern über einige größere Arterien erfolgt, so wird sich beim Ausfall einzelner Gefäße durch ein Trauma eine Mangeldurchblutung des Rückenmarkes bevorzugt an den Grenzzonen der Versorgungsgebiete größerer Zuflüsse ergeben. Rückenmarksschädigungen nach experimentell erzeugten Ischämien und gefäßbedingte Ausfälle bei anderen Erkrankungen zeigen die gleichen typischen Grenzen der neurologischen Ausfälle wie Wirbelsäulentraumen (TÖNNIS).

Z u s a m m e n f a s s u n g

Der Verletzungsmechanismus bei Wirbelfrakturen ist ein komplexer Vorgang. Dementsprechend wird auch eine Schädigung des Rückenmarkes meist von verschiedenen Faktoren verursacht. Neben einer Markquetschung durch knöcherne Teile muß gerade bei so schweren Traumen, wie sie Berstungsfrakturen darstellen, mit ausgedehnten Weichteilerreißungen und damit mit einer Schädigung der Blutversorgung des Rückenmarkes gerechnet werden. Weiter kann es zu Hämatoimbildung im Bruchgebiet der Rückenmarkshäute kommen. Ein dorsaler Bandscheibenprolaps scheint auf Grund des Verletzungsmechanismus bei Berstungsfrakturen selten zu sein.

Durch genaue Anamnese, Röntgenaufnahmen, exakte neurologische Überwachung und in Einzelfällen durch Myelographie und QUECKENSTEDT'schen Versuch kann der Grad der Beteiligung der einzelnen Faktoren beim Zustandekommen von Querschnittslähmungen näher geklärt werden.

GRUNDSÄTZLICHES ZUR BEHANDLUNG DER WIRBELFRAKTUREN

Konservative Behandlung nach MAGNUS

Sie besteht in Flachlagerung des Patienten auf harter Unterlage. Die Wirbelfraktur wird nicht aufgerichtet. Ab der dritten Woche wird mit der funktionellen Behandlung begonnen. Dabei wird insbesondere die Rückenmuskulatur geübt. Die Dauer der Ruhigstellung soll nach LOB bei isolierten Wirbelkörperbrüchen mit nur geringer Keilform mindestens 12 Wochen, bei vollausgebildeten Wirbelsäulenverletzungen mindestens 5 bis 6 Monate betragen.

Nach BÜRKLE DE LA CAMP. LOB und NICOLL kann diese Behandlung bei allen Bruchformen außer bei Verrenkungen der Halswirbelsäule angewandt werden. NICOLL ist Gegner jeder Reposition. Nach seiner Statistik entsprechen 48 % gute funktionelle Resultate anatomisch schlechtem Repositionsergebnis. Entscheidend für die Funktion sei die Stabilität zwischen den verletzten Segmenten und nicht die Position, in welcher sie erreicht werde. Auch BÖHLER

gibt neuerdings an, daß man Brüche des 1. bis 11. BKW meist funktionell behandeln könne; bei Achsenabknickung von 15 Grad und mehr solle jedoch eine statikverbessernde Reposition durchgeführt werden. WITT spricht sich nur bei einfachen stabilen Kompressionsfrakturen der Brustwirbelsäule für eine funktionelle Behandlung aus.

Diese Richtlinien gelten nur für Wirbelfrakturen ohne Rückenmarksbeteiligung. Sind jedoch Lähmungserscheinungen vorhanden, so muß der Druck auf das Rückenmark durch Aufrichtung oder Einrenkung beseitigt werden (BÜCKLE DE LA CAMP, LOB und NICOLL).

Eine Modifikation der Behandlung nach MAGNUS stellt die von GUTTMANN im Stoke Mandeville Spinal Centre durchgeführte Routinebehandlung der Wirbelkompressionsfrakturen oder Luxationsfrakturen mit traumatischer Paraplegie dar. Der Patient wird dabei auf festen Gummikissen gelagert. Ein oder zwei gewöhnliche Kissen werden noch extra unter die Frakturstelle geschoben, um eine Hyperextension in physiologischer Lage zu erreichen. Zur Dekubitusprophylaxe muß der Patient alle zwei Stunden abwechselnd auf die Seiten und den Rücken gedreht werden. Dabei ist unbedingt darauf zu achten, daß die Wirbelsäule nicht bewegt wird; der Patient muß "wie ein Stück" gedreht werden. Nach GUTTMANN können damit sogar Luxationsfrakturen und un-stabile Brüche zufriedenstellend reponiert und in dieser Lage gehalten werden. Unvollständige Querschnittslähmungen zeigen unter dieser Behandlung eine befriedigende Rückbildung.

Ruhigstellung im Gipsbett oder -korsett ohne vorausgegangene Reposition der Fraktur

HOLDSWORTH empfiehlt diese Behandlung bei der "compression burst fracture" ohne Lähmungen, die nach seiner Definition stabil ist, da die Bänder intakt bleiben. Er stellt die Wirbelsäule durch einen Gips ruhig, der in neutraler Position angelegt wird. Die Rückführung der Deformität sei nicht von Bedeutung. Da der Wirbelkörper gebrochen und die Bandscheibe zerrissen sei, könne man eine Verblockung des betroffenen Wirbels mit dem darüberliegenden erwarten.

Die sog. "rotational fracture-dislocation" (Horizontalfraktur des Wirbelkörpers, Bruch der Gelenkfortsätze und Ruptur aller größeren Ligamenta) ohne Rückenmarksbeteiligung behandelt er, nachdem er eine ausreichende Korrektur der

Achsenknickung durch Lagerung des Patienten auf den Rücken strecken bis zur Ruhigstellung im Gipsbett für sechs Wochen und anschließender Versorgung mit einem Gipskorsett und mit Heilgymnastik.

BÖHLERsches Aufrichtungsverfahren

Es spielt für die Frakturen des 11., 12. BWK und der Lendenwirbelsäule die entscheidende Rolle. Die Statik und Mechanik ist im Bereich der unteren Brustwirbelsäule und der Lendenwirbelsäule eine andere als in den darübergelegenen Abschnitten. Die obere Brustwirbelsäule ist auf Grund ihres anatomischen Baues, insbesondere durch die Einbeziehung in den Thorax, relativ starr. Der letzte Abschnitt der Brustwirbelsäule und die Lendenwirbelsäule weisen jedoch eine wesentlich größere Beweglichkeit auf und sind auf Grund ihrer tieferen Lage einer stärkeren statischen Belastung ausgesetzt (WITT). Aus diesem Grunde hat die Reposition gerade hier eine so große Bedeutung.

Technik: Die Aufrichtung der Fraktur kann im ventralen oder dorsalen Durchgang auf dem LANGE-Tisch durchgeführt werden. Lassen sich frische Brüche im ventralen Durchhang nicht aufrichten, so soll der dorsale Durchhang versucht werden. Bei vorhandenen Lähmungen soll jedoch kein dorsaler Durchhang angewendet werden, da hierbei stärkere Rückenmarkskompressionen auftreten können (BÖHLER). Hier hat das von LOB beschriebene hintere obere Wirbelkantenkeilfragment, das in den Rückenmarkskanal gepreßt werden kann, besondere Bedeutung. Die aufgerichtete Fraktur muß unbedingt im Gipsmieder ruhiggestellt werden und zwar je nach Bruchform drei bis fünf Monate. Die Reposition gelingt auch bei frischen Frakturen oft nicht vollständig. In höherem Alter ist die Aufrichtung nicht angezeigt (M. LANGE).

Nach J. BÖHLER soll die Einrichtung der Fraktur nicht im Durchhang sondern allein durch Längszug erfolgen. Dadurch werden das vordere und das hintere Längsband gleichmäßig angespannt und es wird dadurch vermieden, daß dorsale Wirbelkörperkeilfragmente in den Rückenmarkskanal hineingepreßt werden. Voraussetzung ist allerdings, daß vorderes und hinteres Längsband nicht rupturiert sind, was bei schweren Berstungsfrakturen nicht immer der Fall ist.

Nicht einheitlich wird die Frage beantwortet, ob man Wirbelbrüche, die mit einer kompletten Querschnitts-

lähmung einhergehen, aufrichten soll oder nicht.

EHALT, TITZE und L. BÖHLER richten bei vollständiger Querschnittsläsion nicht auf, weil ein Rückgang der Lähmung nicht zu erwarten sei und durch die notwendig werdende Ruhigstellung im Gips die große Gefahr eines Dekubitus besteht.

LOB und NICOLL betonen vor allem, daß die Konsolidierung der Fraktur schneller vor sich geht und eine größere Stabilität erreicht wird, wenn man die Verzahnung der Spongiosabälkchen beläßt und nicht durch die Aufrichtung unvollständig löst.

Da aber eine irreparable totale Querschnittsläsion fast nie bereits zu Anfang mit Sicherheit nachgewiesen werden kann und dann fast ausschließlich in Fällen, in welchen eine extreme Achsenknickung der Wirbelsäule besteht, so soll bei allen Wirbelbrüchen mit Lähmungen eine Reposition vorgenommen werden (J. BÖHLER, MEINECKE, BÜRKLE DE LA CAMP). Auch für die spätere Rehabilitation des Paraplegikers ist die einwandfreie Wiederherstellung der Wirbelsäulenachse ein großer Gewinn (KENT).

Chirurgische Behandlung

Eine operative Freilegung des Bruchgebietes wird nur bei bestimmten Frakturen mit Lähmungserscheinungen notwendig werden. So müssen verhakte Gelenkfortsätze operativ gelöst oder gegebenenfalls auch entfernt werden. Die Reposition dorsalverschobener Wirbelkörper läßt sich besonders bei ausgedehnten Zerreißen des Bandapparates unter Sicht schonender für das Rückenmark durchführen als auf unblutige Weise. Die wichtigste Indikation zur operativen Behandlung stellt das Vorliegen einer besserungsfähigen Querschnittslähmung dar.

Die Meinung von DECOULX zur Behandlung von Querschnittslähmungen durch Wirbelbrüche lautet ins Deutsche übersetzt folgendermaßen: "Für uns ist es paradox und widerspricht den allgemeinen Grundsätzen der Chirurgie, nicht zu versuchen, ein eingegengtes Organ zu entlasten, indem man es von den Knochenplittern befreit, die es zusammendrücken und seine Bewegung hindern. Das trifft vor allem für den thoracolumbalen Abschnitt zu. Man kann dagegen zwar anführen, daß die Rückenmarksverletzung oft nicht ohne weiteres irreversibel ist, aber niemand kann leugnen, daß die Nervenwurzeln, die den Hauptanteil des Wirbelsäuleninhaltes in dieser Höhe bilden, aus dem Eingriff Nutzen ziehen und leicht regenerieren".

Laminektomie

Diese Operationsmethode besteht in der Entfernung eines oder mehrerer Wirbelbögen. Sie dient der Entlastung des Rückenmarkes oder der Cauda equina, sei es vom Druck eines knöchernen Teiles wie Bogen, Gelenkfortsatz, Wirbelkörperfragment, eines Hämatoms im Rückenmarkskanal oder einer nach dorsal prolabierte Bandscheibe. Es ist außerordentlich wichtig, daß die Laminektomie sehr schonend durchgeführt wird. Insbesondere muß darauf geachtet werden, daß keine Wurzelarterien verletzt werden, weil jede zusätzliche Zirkulationsbeeinträchtigung aus einer eventuell noch reversiblen Schädigung eine bleibende Zerstörung des Rückenmarkes machen kann (LOEW und HERRMANN).

Bereits 1911 war JONAS der Meinung, daß im Hinblick auf die Unsicherheit der diagnostischen Zeichen einer Querschnittsläsion nur eine Methode richtig sei, nämlich den Spinalkanal in allen Fällen zu eröffnen, in welchen eine Wirbelsäulenverletzung mit Deformität und Lähmungen bestehe. Er schlug also eine Art "Probe-Laminektomie" vor. Sie sollte sofort durchgeführt werden. Aufschub bei einer akuten Rückenmarksverletzung sei nicht empfehlenswert im Hinblick auf die mit Sicherheit eintretende frühe Degeneration der Rückenmarkselemente.

1932 beschrieb OEHLECKER einen Fall mit einer Kompressionsfraktur des 6. Brustwirbelkörpers, bei dem er dreieinhalb Tage nach dem Unfall wegen zunehmender Lähmungserscheinungen eine Laminektomie durchführte. Dabei fand er den Bogen des 6. Brustwirbelkörpers beiderseits in der Interartikularportion durchgebrochen. Eine Kompression des Rückenmarkes durch ein Knochenteil war nicht festzustellen. Es fand sich jedoch ein tumorartiger, stark durchbluteter epiduraler Fettbezirk, der das Rückenmark stark komprimierte, was aus der im oberen Bereich erst nach der Entfernung des Fettbezirk allmählich auftretenden Druckpulsation zu schließen war. Nach einem Jahr konnte der Patient wieder als völlig gesund mit normalem Nervenstatus bezeichnet werden.

Aus der schon früher erwähnten umfangreichen Statistik von SCHMIEDEN und MAHLER (1935) geht hervor, daß durch die Laminektomie in 30 % der Fälle Besserung und in 7 % Heilung erzielt werden konnte. In 34 % der Fälle blieben die Lähmungen unverändert. Die Mortalität der schweren Rückenmarksverletzungen konnte allerdings nicht herabgesetzt werden; sie liegt mit 28 % sehr hoch. Die Zahl der operativ Geheilten ist zwar gering, jedoch berechtigt eine Besserung der Lähmungen in ca. ein Drittel der Fälle zum operativen Eingriff. Wesentlich erscheint, daß 17 % der Laminektomierten eine irrepa-

able Rückenmarksverletzung aufwiesen und bei 37 % eine Achsenknickung der Wirbelsäule mit Druck auf das Rückenmark bestand, der meist besser durch eine Einrichtung als durch die Entfernung des Wirbelbogens beseitigt werden kann (BÖHLER, M. LANGE). Durch eine exakte Indikationsstellung auf Grund der heutigen diagnostischen Möglichkeiten und ein frühzeitiges operatives Eingreifen können sicher bessere Ergebnisse erzielt werden.

Das Für und Wider die Laminektomie, das sich in der Literatur zeigt, scheint zum einen Teil auf einer sehr unterschiedlichen Indikationsstellung und zum anderen auf einer ungleichen Beurteilung der lähmungsauslösenden Faktoren zu beruhen. Sicher ist bei einer totalen Rückenmarksdurchtrennung die Entfernung von Wirbelbögen sinnlos. Andererseits gibt es aber Querschnittslähmungen, die ohne begleitende Wirbelverletzung eindeutig auf Grund von rückenmarkskomprimierenden Hämatomen entstanden sind (DAWSON) und keine Rückbildungstendenz zeigen. Beseitigt man nun bei einer Wirbelfraktur die Achsenknickung durch eine unblutige Reposition, so kann man damit wohl den Druck von Knochenteilen auf das Rückenmark zum Verschwinden bringen, hat aber damit beim Vorhandensein eines Hämatoms im Bereich der Rückenmarkshäute, was bei starken Gewalteinwirkungen durchaus nicht unwahrscheinlich ist, ähnliche Bedingungen wie bei einem rückenmarkskomprimierenden Hämatom ohne Wirbelsäulenverletzung. Können die Lähmungserscheinungen in letzterem Fall durch die Laminektomie beseitigt werden, so muß auch bei der Wirbelfraktur eine Besserung wenigstens insoweit erreicht werden, daß nur die durch den Druck von Knochenteilen eingetretene Rückenmarksschädigung zurückbleibt.

So unstritten die Laminektomie auch ist, so wird sie doch von sehr vielen Autoren (ROSSIER und BRUNNER, GUTTMANN, WEBER, COMARR und KAUFMANN, CRUTCHFIELD und SCHULTZ, KAHN, PAMPUS und KAHL) als Therapie der Wahl angesehen

1. bei einer Zunahme der neurologischen Ausfälle,
2. bei Verschlechterung nach anfänglich guter Erholung,
3. bei offenen Verletzungen des Rückenmarkskanals und zur Fremdkörperentfernung

Von LOEW und HERRMANN wird darauf hingewiesen, daß eine Zunahme der Lähmungen oder ein Auftreten nach einem freien Intervall auch auf Zirkulationsstörungen beruhen kann, die ein operativer Eingriff nur verschlechtern würde.

Manche Autoren halten eine Laminektomie nur beim Nachweis eines subarachnoidalen Liquorstops für gerechtfertigt. So fordert DAVIS, daß keine Fraktur oder Luxationsfraktur der Wirbelsäule mit Rückenmarksschädigung operiert werden sollte, wenn nicht ein beweisbarer Block im Subarachnoidalraum besteht. CRUTCHFIELD und SCHULTZ halten zwar die Durchführung der QUEK-

KENSTEDT'schen Probe für notwendig, Laminektomieren aber auch bei positivem Ausfall in der Regel nur bei den Anzeichen einer schweren aber unkompletten Querschnittsläsion, bei ungewöhnlichem Aufschub der neurologischen Wiederherstellung oder bei sicherem Anwachsen der Paralyse. Andererseits sollte ein negativer Queckenstedt nicht immer eine Kontraindikation zur Laminektomie sein, denn nicht selten üben Knochenfragmente des Wirbelkörpers oder Wirbelbögen einen Druck auf das Rückenmark aus ohne eine Verlegung des Liquorflusses zu erzeugen (CRUTCHFIELD und SCHULTZ). Ob die Liquorpassage frei ist oder ob ein Block besteht ist zwar ein diagnostisch wichtiges Zeichen, jedoch kann davon allein nicht die Indikation zur Laminektomie abhängig gemacht werden (PAMPUS und KAHL).

J. BÖHLER führt die QUECKENSTEDT'sche Probe nach der unblutigen Reposition durch und laminektomiert bei positivem Ausfall.

Zur Liquoruntersuchung schreibt SCHLEGEL folgendes:

"Die Liquoruntersuchung als diagnostische Maßnahme kann entweder eine Sanguinolenz oder aber ein typisches Kompressionssyndrom ergeben. Die Ansichten, ob die Liquorabnahme gerechtfertigt ist oder nicht, sind geteilt. Sie schwanken zwischen Ablehnung (EHALT, LOB) und deren Befürwortung (DAVIS). Sie ist sicher als Sofortmaßnahme unnötig, und wird gar schädlich, wenn man sich nicht damit begnügt, nur einige Tropfen abzulassen, was zur Prüfung der Liquorpassage (QUECKENSTEDT) und zum Nachweis von Blut ja genügt, wenn es dann auch keine praktische Bedeutung hat."

Gründe, die für die Laminektomie sprechen:

Durch eine unblutige Reposition kann zwar in vielen Fällen das Lumen des Spinalkanals wieder hergestellt werden, es werden aber Rückenmarkskomprimierende Hämatome dadurch nicht beseitigt. Dies ist nur durch die Laminektomie möglich, die eine zusätzliche Druckentlastung schafft. WEBER schreibt: "Man ist überrascht von der Ausdehnung der epi- und intraduralen Blutung, die sich gut absaugen läßt. Auch ist die Liquorzirkulation in der wiederhergestellten Lichtung des Wirbelkanals unter Sicht des Auges besser in Gang zu bringen als durch die Reposition allein. Hiervon hängt aber die Entstehung posttraumatischer Arachnopathien ab mit sekundären Liquorcysten, besonders auch die Aufstauung der periduralen Venenplexus." Bei ausgedehnten Rupturen des Bandapparates, bei starker Zertrümmerung des Wirbels und bei Luxationsfrakturen ist eine unblutige Reposition nicht immer möglich und

es besteht die Gefahr, daß das Rückenmark durch Knochensplitter und abgebrochene Gelenkfortsätze, die in den Spinalkanal verlagert werden, zusätzlich geschädigt wird, während bei operativem Vorgehen unter Sicht das weitgehend vermieden werden kann.

Gegen die Laminektomie werden vor allem von GUTTMANN folgende Gründe angeführt: Durch die Entfernung der knöchernen Hinterwand und durch weitere Verletzung der Rückenmuskulatur wird die Stabilität der Wirbelsäule zusätzlich geschwächt. Die Laminektomie vermag die "direkte Destruktion der nervösen Elemente des Rückenmarkes durch Kontusion, Hämatomyelie oder Thrombosierung der Gefäße nicht zu beheben." Während der postoperativen Phase besteht eine erhöhte Gefahr von Thrombose, Embolie und Dekubitalulzera.

Stabilisierende Operationen

sie können notwendig werden bei Stabilitätsverlusten der Wirbelsäule entweder durch die Art der Wirbelfraktur oder durch die Entfernung bzw. Verletzung wichtiger Stütz- und Haltelemente bei neurochirurgischen Eingriffen, also speziell der Laminektomie (PAMPUS und KAHL). Die Wirbelsäule stabilisierende Operationen haben zwei Ziele: Einmal soll durch sie eine frühzeitige Fixierung des verletzten Bezirkes erreicht werden, so daß auf eine Ruhigstellung der Fraktur im Gipsnieder, die die Gefahren eines Dekubitus und eines Schwundes der Rückenmuskulatur mit sich bringt, ganz oder frühzeitig verzichtet werden kann. Zum anderen aber sollen dadurch die starken Schmerzen, die instabil ausgeheilte Frakturen häufig verursachen, verhindert werden.

Um also vom Gipskorsett loszukommen, was besonders bei Querschnittsgelähmten einen großen Fortschritt in der Behandlung bedeuten würde, wurden verschiedene Methoden der inneren Fixation entwickelt: HOLDSWORTH verwendet bei Paraplegikern mit dislozierten Frakturen der unteren Brust- und Lendenwirbelsäule Metallplatten, die an den Dornfortsätzen verbolzt werden. DECOULX spricht sich ebenfalls für diese Methode aus. Er hält sie nicht nur bei instabilen Frakturen mit Lähmungserscheinungen sondern auch bei solchen ohne Beteiligung des Spinalnervensystems für indiziert, wenn die Achsenknickung 15 Grad nicht überschreitet. Insgesamt sei die Indikation zur inneren Fixation durch Metallplatten jedoch selten, fast die Ausnahme. Bei 252 Wirbelfrakturen habe er diese Methode in 49 Fällen angewandt. Die Platten sollen nach mehreren Monaten wieder entfernt werden, wenn eine Konsolidierung des verletzten Bezirkes ein-

getreten ist.

Gegen eine Fixation mit Metallplatten spricht nach GUTTMANN die Schwierigkeit der Operation bei gebrochenen Dornfortsätzen und die Tatsache, daß erneute spätere Dislokationen und Wirbelzusammenbrüche nicht sicher zu verhindern sind. Auf Grund der ersten operativen Versteifungen der Wirbelsäule bei Spondylitis nach F. LANGE wissen wir, daß trotz anfänglicher Einheilung von körperfremdem Material, die Gefahr der späteren Ausstoßung groß ist (M. LANGE).

BOTHWORTH verwendet zur Fixierung einen Knochenrahmen, der nach EHALT im Anschluß an die Reposition oder ein bis zwei Tage später eingebracht werden soll.

Eine weitere Möglichkeit einer Wirbelsäulenversteifung im Bruchgebiet ist die Anlagerung eines Knochenspanes, die allerdings eine postoperative Versorgung mit Gipsriegelschale oder Gipskorsett erfordert. Da die Konsolidierung einer Wirbelfraktur nur langsam vor sich geht und gerade bei Berstungsfrakturen das in die Bruchspalten eingedrungene Bandscheibengewebe die knöcherne Ausheilung behindert (LOB), kann in manchen Fällen eine Spanversteifung notwendig werden, insbesondere auch nach ausgedehnten Laminektomien. Im Hinblick auf die Schmerzhaftigkeit instabiler Wirbelfrakturen scheint eine möglichst frühzeitige Verspannung günstig zu sein. Von Spätversteifungen raten BÖHLER und RUTSCHEID ab, da meist bereits degenerative Veränderungen (Arthrose der kleinen Wirbelgelenke), die auf Grund der Fehlstatik entstanden sind, vorliegen und die Schmerzsymptomatik fernab der Wirbelfraktur ausgelöst wird (M. LANGE).

KASUISTIK

Von den zehn Berstungsfrakturen am thoracolumbalen Übergang der Wirbelsäule sollen im folgenden neun einer eingehenden Analyse unterzogen werden. In einem weiteren Fall wurde der Röntgenbefund verwertet.

Fall 1 Rosa H.

Fraktur des 2. LWK ohne Rückenmarksbeteiligung - modifizierte Behandlung nach MAGNUS

Patientin stürzte mit 38 Jahren beim Start zum Segelflug aus etwa 80 m Höhe ab. Zwölf Stunden bewußtlos; die ersten zwei Tage alles erbrochen. Fraktur des 2. LWK. Alio loco Therapie; manuelle Reposition, Lagerung im flachen Bett. Weitere Verletzungen; offener Unterarmbruch links, offene Luxationsfraktur linkes oberes Sprunggelenk, Fersenbeinbruch rechts.

Die Patientin kommt nach sieben Tagen zur Weiterbehandlung in die Klinik.

Lokalbefund: Lendenlordose abgeflacht, Klopff- und Bewegungsschmerz bei L2. Nach Abnahme der Beingipse wird leichte Pelzigkeit des linken Fußrückens angegeben. Sonst keine neurologischen Ausfälle.

Röntgenbefund: a. p.: 2. LWK erniedrigt, links mehr als rechts, dadurch Achsenknickung von ca. 15 Grad, außerdem verbreitert. Vertikaler Frakturspalt in der Sagittalebene. Seitliche untere Kante von L1 ist in L2 eingestaucht.

seit.: 2. LWK vorn fast um die Hälfte erniedrigt, tiefe trichterförmige Grund- und Deckplatteneinbrüche, vorderer Wirbelkörperanteil nach ventral herausgepreßt, Infraktion an der hinteren oberen Wirbelkörperkante nahe der Bogenwurzel. Dorsalverschiebung 8 mm. Gibbus von 15 Grad. Bandscheibenraum L1/2 erniedrigt, Th12/L1 erweitert. Vordere obere Kante von L1 abgesprengt.

Therapie: Flachlagerung mit Lordosierung durch Unterlagen. Funktionelle Behandlung erst ab der 13. Woche, da sich die Patientin zwischenzeitlich wegen eines Tetanus sieben Wochen in chirurgischer Behandlung befand. Nach sechs Monaten stand die Patientin erstmals auf.

Epikrise: Die Patientin zog sich bei einem Sturz aus großer Höhe neben zahlreichen anderen Verletzungen eine Berstungsfraktur des 2. LWK zu. Nach dem Röntgenbefund kann angenommen werden, daß die Berstung des Wirbelkörpers im wesentlichen durch axiale Gewalteinwirkung zustande kam, wobei die Kno-

chenfragmente nach den Seiten herausgepreßt wurden. Die Achsenabweichung in der Frontalebene deutet darauf hin, daß auch Kräfte im Sinne einer Seitbeugung zur Wirkung kamen.

Jetzt zeigt sich, daß die Fraktur mit einer deutlichen Gibbusbildung am Übergang L1/L3 ausgeheilt ist. Der Wirbelsäulenabschnitt über L2 ist nach vorne gekippt. Es besteht eine leichte rechtskonvexskoliotische Knickung im Frakturbereich mit Gegenschwingung der unteren Brustwirbelsäule.

Neurologische Ausfälle sind nicht vorhanden. Die Reflexe sind lebhaft und seitengleich auslösbar. Es bestehen keine Sensibilitätsausfälle.

Der thoracolumbale Übergang ist mäßig druck- und klopfschmerzempfindlich. Die Beweglichkeit der oberen Lenden- und der unteren Brustwirbelsäule ist beim Beugen nach seitwärts und insbesondere nach vorne eingeschränkt (Fingerbodenabstand 15 cm). Nach längerem Gehen und Stehen treten Kreuzschmerzen auf. Es wäre sicher besser gewesen, einen Aufrichtungsversuch zu machen und die Fraktur anschließend im Gipskorsett ruhigzustellen.

Fall 2 Else G.

Fraktur des 2. LWK mit vorübergehenden neurologischen Ausfällen - Reposition nach BÖHLER

37-jährige Patientin. Sturz vom III. Stock. Bewußtlosigkeit, keine Lähmungen, keine Blasenstörung. Wurde nach 12 Tagen aus einem Kreiskrankenhaus nach hierher verlegt.

Befund: Keine Ausfälle der Willkürmotorik und Sensibilität, PSR rechts negativ, ASR rechts und links negativ. sonst keine neurologischen Ausfälle.

Röntgenbefund: a. p.: (siehe Abb. 1) 2. LWK um ein Drittel erniedrigt, horizontal vor allem nach links verbreitert, beiderseits ist ein Keil abgesprengt.

seitl.: (siehe Abb. 2) 2. LWK ist in drei Teile zerborsten und 8 mm nach dorsal verschoben. Bogenfraktur von L1 und L2.

Therapie: Anlegen eines Gipskorsettes im Narkosedurchgang. Gips wird insgesamt sieben Monate getragen. Nach vierzehn Tagen Beginn mit BÖHLERschen Übungen. Versorgung mit Überbrückungsmieder.

Epikrise: Obwohl die Fraktur erst 12 Tage nach dem Unfall aufgerichtet wurde, konnte nach der Methode von BÖHLER die ursprüngliche Höhe des Wir-



ABBILDUNG 1



ABBILDUNG 2



ABBILDUNG 3



ABBILDUNG 4

belkörpers wiederhergestellt werden (siehe Abb. 3). Die letzten Röntgenaufnahmen (siehe Abb. 4) zeigen jedoch wieder eine Abnahme des Abstandes zwischen dem 1. und 3. LWK und eine stärkere keilförmige Deformierung des 2. LWK. Ein Teil der Wirbelmasse des 2. LWK liegt vor dem 1. und 3. LWK. Es besteht auf den seitlichen Aufnahmen ein Gibbus von 15 Grad. Jedoch lassen sich zunehmende Abstützungsvorgänge feststellen. Da während der Behandlung außerdem vorübergehend eine Parese des rechten Beines insbesondere des Fußes auftrat, so muß wohl angenommen werden, daß diese auf Grund einer Verschiebung der Wirbelkörperfragmente infolge ungenügender Fixierung im Gipskorsett entstand. Außerdem zeigte sich die Patientin wenig einsichtig, so daß durchaus die Möglichkeit besteht, daß die Fraktur zu früh und zu stark belastet wurde. Insgesamt aber kann das Heilergebnis als befriedigend bezeichnet werden.

Fall 3 Hedwig R.

Fraktur des 12. BWK mit totaler Querschnittslähmung - mißlungener Repositionsversuch

Im Alter von 44 Jahren geriet die Patientin unter ein Holzfuhrwerk. Sie war nicht bewußtlos. Es bestand eine sofortige Lähmung beider Beine. Außer der Berstungsfraktur von Th12 erlitt die Patientin Rippenserienfrakturen. Ein alio loco durchgeführter Versuch, die Wirbelfraktur im dorsalen Narkosedurchhang einzurichten, mißlang.

Die Patientin kommt eineinhalb Jahre nach dem Unfall in die Klinik.

Lokalbefund: Totale Querschnittslähmung ab Th12 (Rückenmarkssegment): Paraplegie der Beine, Sensibilitätsausfall ab dem untersten Teil des Unterbauches, Reflexe beiderseits erloschen, auch keine pathologischen Reflexe auslösbar, Blasen- und Mastdarmautomatismus.

In beiden Hüften besteht eine Adduktionskontraktur von 155 Grad, Kniestreckkontrakturen von 80 Grad beiderseits, Zehenbeugekontrakturen. Deutlicher Gibbus im Bereich des 12. BWK. Starke Adipositas.

Röntgenbefund: drei Monate nach dem Unfall:

a. p. : 12. BWK in mehrere Trümmer zerborsten, rechts deutlich höhengemindert. 11. BWK gegenüber dem 12. BWK um halbe Wirbelkörperbreite nach rechts verschoben, Querfortsatzfrakturen.

seitl. : 11. BWK nach ventral und caudal gekippt, die Konturen von Th11 und Th12 überschneiden sich, da Th11 nach der Seite luxiert ist.

Eineinhalb Jahre nach dem Unfall:

Vollständige Luxation von Th11 nach ventral und seitlich, so daß sich Th11 mit Th12 auf selber Höhe abbilden.

Epikrise: Die Dislokation zwischen dem 11. und 12. BWK läßt auf ausgedehnte Bandzerreißen schließen. Aus experimentellen Untersuchungen von ROAF geht hervor, daß Wirbelluxationen mit Rupturen der Ligamenta durch Rotations- oder auch horizontale Abscherkräfte verursacht werden.

Die ausgedehnten Bandzerreißen können der Grund für das unbefriedigende Aufrichtungsergebnis sein. Durch die der Art der Verletzung unangemessene Behandlungsmethode ist es zu einer Ausheilung der Fraktur in erheblicher Luxationsstellung gekommen. Ob durch operatives Eingreifen eine Besserung der Querschnittslähmung zu erreichen gewesen wäre, erscheint fragwürdig, da es mit großer Wahrscheinlichkeit von Anfang an zu einer vollkommenen Markläsion gekommen sein dürfte. Eine weitere Behandlung erforderten die Rippenfrakturen.

Fall 4 Therese D.

Fraktur des 1. LWK mit kompletter Querschnittslähmung - Reposition nach BÖHLER und Spätlaminektomie (Exitus post operationem)

Die zweiundsechzigjährige Patientin stürzte beim Kirschenpflücken von der Leiter. Dreieinhalb Stunden später wurde sie in die Klinik eingeliefert.

Lokalbefund: Am thoracolumbalen Übergang durchschmerzhafter Gibbusbildung mit Schwellung der paravertebralen Weichteile. Schlaffe Lähmung beider Beine mit Areflexie. Völlige Anästhesie ab L1 (Rückenmarkssegment). Blasen- und Mastdarmlähmung.

Röntgenbefund: a. p.: 1. LWK um ein Drittel höhengemindert, seitlich verbreitert, in mehrere Teile zerborsten. Achsenabweichung von ca. 35 Grad. Dornfortsatzabriß L2 und L3 rechts.

seitl.: L1 ventral fast in seiner vollen Höhe zusammengebrochen, dorsal auf ein Drittel komprimiert. 1. LWK gegenüber dem 12. BWK 15 mm nach dorsal verschoben. Bogen nahe der Wurzel frakturiert. Abriß eines oberen Gelenkfortsatzes von L1. Das Bruchstück ist mit dem unteren Gelenkfortsatz von Th12 in Verbindung geblieben. Gibbus von ca. 40 Grad. Absprengung der vorderen oberen Kante von Th12. Beginnende Osteoporose.

Therapie: Aufrichtung der Fraktur im ventralen Durchhang auf dem LANGE-Tisch bei gleichzeitiger Extension mit Gewichtszug bis 27 kg (15. Min.). Fixierung des aufgerichteten Wirbels durch Gipskorsett. Drei Wochen später Laminektomie. Dabei findet sich an den Wurzeln der Bogenhälften des 1. LWK eine seitliche Kompression des Duralsackes, die durch Entfernung des Knochens beseitigt wird. An der Kompressionsstelle besteht ein subdurales Hämatom. Dieses wird nach Spaltung der Dura entfernt. An der Cauda equina können nach Durchtrennung der Arachnoidea, wobei xanthochromer Liquor abläuft, keine auffälligen Läsionen durch Druck oder Quetschung gefunden werden. Außerdem zeigt sich bei der Operation eine Luxation des 2. Lendenwirbels in einem seiner Intervertebralgelenke.

Epikrise: Da drei Wochen nach der Verletzung außer einer Verschiebung der Sensibilitätsgrenze vom Segment L1 nach L2 keinerlei Besserung eingetreten war und somit immer noch ein schlaffes Querschnittsbild entsprechend einem völligen Funktionsausfall caudal vom Segment L1 vorlag, entschloß man sich, zumal sich die Patientin in relativ gutem Allgemeinzustand befand, zur Laminektomie. Die Ursachen der vollständigen Querschnittslähmung müssen auf Grund des Operationsbefundes in der Kompression des Rückenmarkes durch das subdurale Hämatom und die Bogenwurzeln gesehen werden. Die Patientin kam zweieinhalb Stunden post operationem an den Folgen eines Kreislaufschocks ad exitum.

Fall 5 Josef Sp.

Fraktur des 1. LWK mit partieller Querschnittslähmung - Behandlung nach MAGNUS

Mit 40 Jahren wurde der Patient von einem umstürzenden Baum an der Schulter getroffen und zu Boden geschlagen. Lähmung beider Beine. Mastdarmstörungen. Miktio n.o.B. Die Behandlung alio loco bestand in Flachlagerung und Massage ab der dritten Woche. Insgesamt drei Monate Krankenhausaufenthalt. Das linke Bein konnte der Patient vier bis fünf Wochen, das rechte sieben bis acht Wochen nach dem Unfall wieder bewegen.

Befund: (22 Jahre nach dem Unfall): Am Brust-Lendenübergang deutliche Gibbusbildung und leichte kurzbogige rechtskonvexe Verbiegung. Lendenlordose vollständig aufgehoben. Beweglichkeit der Wirbelsäule erheblich eingeschränkt. Im Gibbusbereich leichter Klopfschmerz. Kein Druck- und Stauchungsschmerz. Zahlreiche Muskelhärtungen in Rückenstreckern und Gesäßmuskulatur.

Rechte Oberschenkelmuskulatur etwas schwächer als links.

Neurologischer Befund: PSR beiderseits nicht auslösbar. Hypästhesie am rechten Unterschenkel im Segmentbereich L4.

Röntgenbefund: a. p.: 1. LWK auf ein Drittel höhengemindert, links mehr als rechts, Wirbelbruchstücke seitlich herausgepreßt, Bogenfraktur, Achsenknickung 15 Grad. Angrenzende Zwischenwirbelräume aufgehoben.
seitl.: 1. LWK in vorderes kleines und hinteres großes Keilfragment zerteilt, zwischen Th12 und L2 kneifzangenartig eingekeilt. L1 ist gegenüber Th10 10 mm, gegenüber L2 20 mm nach dorsal verschoben. Gibbus von 45 Grad.
Deutliche Osteoporose.

Epikrise: Aus einem Gutachten, das 12 Jahre nach dem Unfall erstellt wurde, und bei welchem dem Begutachter auch Aufnahmen der frischen Fraktur zur Verfügung standen, geht hervor, daß der traumatisch schwer frakturierte Wirbel später infolge der hinzukommenden Osteoporose noch weiter zusammengesintert ist. Da sich die Lähmungserscheinungen bis auf unbedeutende Reste wieder zurückgebildet haben, kann eine stärkere Verletzung der Rückenmarkssubstanz ausgeschlossen werden. Auch dürfte keine langdauernde Rückenmarkskompression durch Knochenteile vorgelegen haben, wenn man bedenkt, daß auf Grund der Osteoporose heute eine stärkere Achsenknickung mit erheblicher Dorsalverschiebung des verletzten Wirbelkörpers ohne wesentliche neurologische Ausfälle besteht. Als Ursache der Querschnittslähmung kommen neben einer einmaligen Kompression des Rückenmarkes, die durch den Bogenbruch nur kurz andauerte, noch ein Hämatom, das sich wieder zurückbildete, ein Marködem oder eine vorübergehende Störung der Rückenmarksdurchblutung in Frage.

Fall 6 Josef D.

Fraktur des 2. LWK mit partieller Querschnittslähmung - Flachlagerung in Extension

Der Patient erlitt mit 22 Jahren einen Sturz beim Skifahren. Behandlung *alio loco*. Dort wurde eine schwere Zertrümmerungsfraktur des 2. LWK festgestellt. Der 1. LWK war in den 2. LWK hineingestaucht. Es fand sich eine Parese beider Beine sowie eine Blasen- und Mastdarmlähmung. Die Therapie bestand in Flachlagerung mit Extension. Nach vier Wochen war eine wesentliche Besserung der Paresen eingetreten. Insgesamt befand sich der Patient zehn Wochen in Krankenhausbehandlung. Bei der Entlassung hatten sich die neurologischen Erscheinungen völlig zurückgebildet.

Vier Jahre nach dem Unfall ergibt sich folgendes Bild:

Beschwerden: Anfangs erhebliche Kreuzschmerzen. Seit zwei bis drei Jahren bei längerem Gehen, Stehen, Sitzen und körperlicher Anstrengung Kreuzschmerzen. In Ruhe fast beschwerdefrei.

Befund: Lendenlordose abgeflacht, geringer Gibbus. Leichte linkskonvexe skoliotische Einstellung. Erhebliche Bewegungseinschränkung der LWS und BWS bei Schmerzhaftigkeit. Verspannung und Muskelhärten der Rückenstrecker. Leichte Klopfempfindlichkeit im Frakturbereich. Kein Stauchungsschmerz. Schwäche der linksseitigen Oberschenkelmuskulatur. Hypästhesie des Nervus cutaneus femoris lateralis links.

Röntgenbefund: a. p.: 2. LWK verbreitert und nach links um einen Querfinger luxiert, Sagittalfraktur nicht knöchern ausgeheilt. L1 mit seiner rechten vorderen Kante in L2 eingestaucht. Geringe linkskonvexe skoliotische Verbiegung. Querfortsätze von L2 und L3 rechts abgesprengt, nicht knöchern verheilt. Querfortsatzfraktur von L2 links knöchern verheilt.

seitl.: 2. LWK vorne um zwei Drittel erniedrigt. Grund- und Deckplatten eingebrochen. L1 in L2 verkeilt unter Absprengung eines ventralen Bruchstückes von L2. Hinterer Anteil von L2 gegenüber L1 um 8 mm reponiert. Gibbus von 15 Grad.

Epikrise: Der Patient hat durch einen Sturz beim Skifahren, dessen Hergang nicht näher geschildert wird, eine schwere Wirbelsäulenverletzung mit Schädigung des Conus und der Cauda equina erlitten. Die neurologischen Ausfälle haben sich bis auf unbedeutende Reste wieder zurückgebildet, jedoch ist die Fraktur mit einer Achsenknickung von 15 Grad in der Sagittalebene ausgeheilt. Die Beweglichkeit der Wirbelsäule ist erheblich eingeschränkt und der Patient klagt bereits nach alltäglichen Anstrengungen über Kreuzschmerzen. Für eine vollausgebildete Wirbelsäulenverletzung, wie sie der Patient erlitten hat, ist eine Ruhigstellung von zehn Wochen als zu kurz zu bezeichnen.

Fraktur des 2. LWK mit zunehmenden Lähmungserscheinungen - Laminektomie mit anschließender Reposition nach BÖHLER und späterer Spanversteifung

22-jähriger Mann, der von einer ca. 10 m hohen Brücke, die über Bahngleisanlagen führt, stürzte. Während des Sturzes streifte er an einer elektrischen Oberleitung. Die Erstversorgung wurde *alio loco* durchgeführt. Dort wurde außer der Wirbelfraktur ein Bruch der linken Clavicula festgestellt. Zwei Platzwunden am Kopf wurden vernäht und das rechte Bein, dessen Haut teils abgeledert, teils schwarz verfärbt war, versorgt. Anzeichen einer *Commotio cerebri* waren nicht vorhanden. Es bestanden motorische und sensible Ausfälle an den unteren Extremitäten, die während der ersten 24 Stunden erheblich zunahmen. Der Patient wurde in die Orthopädische Klinik verlegt.

Neurologischer Befund (24 Stunden nach dem Unfall): Schlaffe Lähmung der unteren Extremitäten. Geringe Plantarreflexe der Zehen auslösbar. Hypästhesie und Hypalgesie an den beiden Beinen unterhalb des Segmentes L2, von proximal nach distal zunehmend. Perigenital und perianal Sensibilität erhalten. Keine Blasenstörungen.

Röntgenbefund: a. p.: (siehe Abb. 5) 2. LWK in mehrere Fragmente zersplittert, die nach den Seiten abgedrängt sind. Die kleineren Fragmente befinden sich alle über einem Frakturspalt, der in etwa von rechts oben nach links unten durch den Wirbelkörper verläuft. Intervertebralraum L1/2 aufgehoben. Achsenknickung von 25 Grad. Querfortsatzfrakturen.

seitl.: (siehe Abb. 6) Hier projizieren sich der rechte stark komprimierte und der linke gering höhengeminderte Wirbelkörperteil übereinander, so daß der 2. LWK oberhalb und unterhalb einer von hinten oben nach vorne unten verlaufenden Grenze verschieden starke Schattendichte zeigt. Der am stärksten komprimierte Anteil ist auf ein Viertel höhengemindert. Teilweise Überlagerung der Konturen von L1 und L2. Knochenfragment vor der Wirbelvorderkante von L2. Luxation von L1 nach ventral um ein Drittel Wirbelkörperbreite, dadurch L2 gegenüber L1 nach dorsal verschoben. Achsenknickung von 15 Grad.

Therapie: Sofortige Laminektomie am 1., 2. und 3. LW. Dabei entleert sich ein epidurales Hämatom. Die Dura ist intakt. Nach der Operation kann keine Kompression des Duralsackes mehr festgestellt werden. Einrichtung der Fraktur auf dem LANGE-Tisch und Fixierung durch Gipskorsett. Nach vier Monaten Spananlagerung: Hierzu wird aus der Tibia ein Knochenspan von 14 cm



ABBILDUNG 5



ABBILDUNG 6

Länge entnommen. Er überbrückt die Laminektomiestelle von Th11 bis L3 und wird mit Drähten befestigt. Postoperative Versorgung mit einer Gipsliegende-
schale.

Verlauf: Zwei Tage nach der Laminektomie: Die neurologischen Ausfälle sind etwas zurückgegangen. Zehen können gut nach plantar flektiert werden, Dorsalflexion und Hebung der Füße noch nicht möglich. Rechte Kniescheibe kann angespannt werden, links keine Beweglichkeit vorhanden. Blase und Mastdarm funktionieren einwandfrei. Sensibilität am rechten Bein vorhanden, links Pelzigkeit, jedoch keine Anästhesie.

Decubitusprophylaxe und Elektrisierungsbehandlung.

Einen Monat nach der Laminektomie kommt die Beweglichkeit sämtlicher Muskeln schon in erstaunlichem Umfang. Nach zwei weiteren Monaten besteht noch eine Peroneausschwäche am linken Bein. Daraufhin wird täglich elektrisiert. Viereinhalb Monate nach dem Unfall wird der Patient mit einem Gipskorsett aus der stationären Behandlung entlassen. Er trägt das Gipskorsett weitere drei Monate. Die Behandlung erstreckte sich also über einen Zeitraum von sieben-einhalb Monaten. Die neurologischen Ausfälle haben sich vollständig zurückgebildet.

Epikrise: Durch die Laminektomie konnte das epidurale Hämatom beseitigt werden, wodurch es zu einer Druckentlastung des Rückenmarkes kam. Der ventrale Durchhang, der nach Entfernung der Wirbelbögen ungefährlicher erscheint (größere Ausweichmöglichkeit für das Rückenmark), brachte zwar keine vollständige Aufrichtung des Wirbelkörpers -dazu waren seine Zersplitterung und die Zerreißungen des Bandapparates sicherlich zu groß- doch konnten die Dorsalverschiebung beseitigt und die Achsenknickungen in beiden Ebenen ausgeglichen werden. Zur besseren Stabilisierung des stark geschwächten Verletzungsbezirkes war eine Spanversteifung erforderlich.

Die Röntgenaufnahmen, die acht Monate nach dem Unfall angefertigt wurden (siehe Abb. 7 und 8), zeigen sowohl im anterioposterioren Strahlengang als auch in den Seitenaufnahmen, daß die Fraktur ohne wesentliche Änderung der Wirbelsäulenstatik zur Konsolidierung gekommen ist.



ABBILDUNG 8

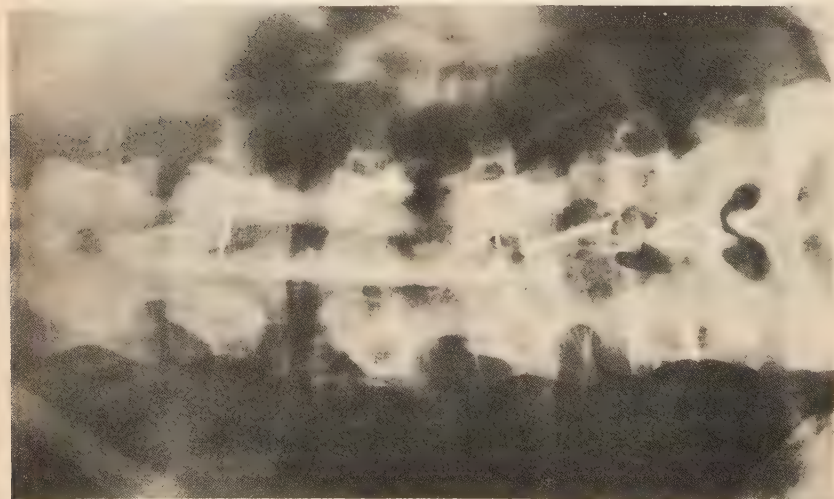


ABBILDUNG 7

Fall 8 Käthe M.

Fraktur des 3. LWK mit neurologischen Ausfällen - statisch unbefriedigendes Heilergebnis

Die Patientin zog sich vor 17 Jahren durch einen Unfall eine Wirbelfraktur zu.

Röntgenbefund: (siehe Abb. 9) Völliger Zusammenbruch von L3 und Einstauchung der seitlichen unteren Kante von L2 in L3. Der 3. LWK ist keilförmig abgedrängt, so daß sich die Vorderkanten von L2 und L4 berühren. Außerdem ist L2 gegenüber L4 torquierte, so daß der Frakturbereich insgesamt in einer kyphoskoliotischen Verbiegung verheilt ist. Zustand nach Laminektomie.

Beschwerden: Heftige Schmerzen vom Rücken in den Bauch ausstrahlend. Vorübergehend auftretende Sensibilitätsstörungen am linken Fußrücken, der Unterschenkelaußenseite und an der Oberschenkelstreck-, -außen- und -hinterseite. Es besteht Blasen- und Mastdarmschwäche.

Epikrise: Wegen der ungenügenden Angaben über den Fall kann nur folgendes gesagt werden: Da die Patientin laminektomiert wurde (vgl. Rö.-Bild; Abb. 9), kann angenommen werden, daß nach dem Unfall stärkere neurologische Ausfälle bestanden, so daß, verglichen mit den jetzt geklagten Beschwerden, wahrscheinlich eine Besserung erzielt wurde. Jedoch muß das statische Ausheilungsergebnis als außerordentlich unbefriedigend bezeichnet werden. Der Grund hierfür besteht sicherlich in einer unterlassenen oder unangemessenen Ruhigstellung oder Fixierung der Fraktur.

Fall 9 Marianne Sch.

Instabil ausgeheilte Fraktur des 3. LWK - Spätversteifung

Die Patientin stürzte im Alter von 38 Jahren vom zweiten Stock eines Gebäudes auf harten Boden und erlitt außer einer Gehirnerschütterung, Brüchen beider Calcanei und einer Fraktur der linken Hand einen Bruch des 3. LWK. Über die andernorts durchgeführte Behandlung ist nur bekannt, daß an der Wirbelsäule kein operativer Eingriff vorgenommen wurde. Die Patientin kommt zweieinhalb Jahre nach dem Unfall in die Klinik.

Beschwerden: Fast ständig Schmerzen im Kreuz. Nachts müsse sie ganz flach liegen, um schmerzfrei zu sein.

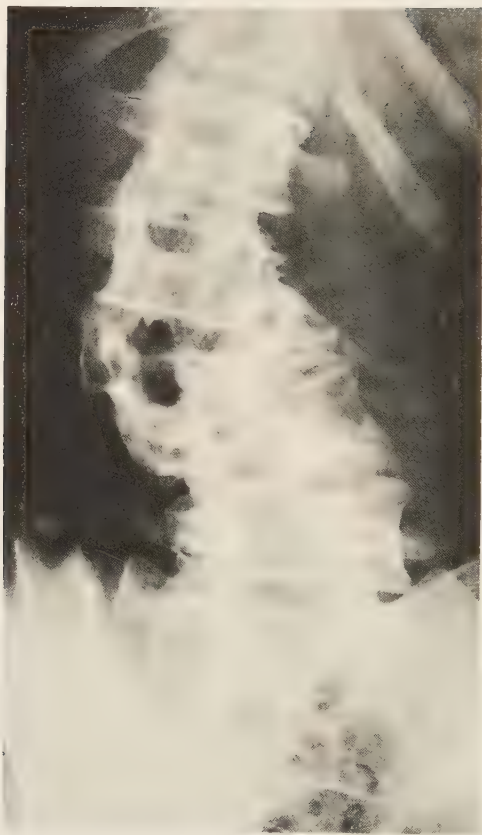


ABBILDUNG 9

Lokalbefund: Im Bereich des 3.LWK kleiner Gibbus. Dieser Bereich ist deutlich druck- und klopfschmerzhaft, Bewegungen endgradig eingeschränkt. Keine Ausfälle der Willkürmotorik. Reflexe am linken Bein ausgefallen, Sensibilitätsstörungen am linken Unterschenkel.

Röntgenbefund: (zwei Jahre nach dem Unfall)

a. p. : 3.LWK um zwei Drittel höhengemindert und etwas verbreitert. Sagittalfrakturen. Die rechte untere Kante von L2 ist in L3 leicht eingestaucht.

seitl. : 3.LWK auf ein Drittel seiner Höhe komprimiert, türflügelartiger Deckplatteneinbruch, worin sich der 2.LWK verankert hat. Er ist um ein Viertel seiner Breite nach dorsal verschoben.

Tomogramme zeigen außerdem einen Grundplatteneinbruch und eine keilförmige Absprengung im Bereich der hinteren oberen Wirbelkörperkante. Auf den Bewegungsaufnahmen sieht man eine deutliche Instabilität im Frakturbereich (abnormer Bewegungsablauf).

Therapie: Verspannung der Lendenwirbelsäule von L1 bis L4 und Versorgung mit Gipsliegenschale und Gipskorsett.

Epikrise: Über die neurologischen Ausfälle unmittelbar nach dem Unfall sind keine Angaben vorhanden. Auf Grund der Reflexausfälle und Sensibilitätsstörungen am linken Bein muß jedoch eine Cauda-Schädigung angenommen werden. Durch die Spanversteifung des instabilen Wirbelsäulenabschnittes wurde die Beweglichkeit zwar eingeschränkt, die Schmerzen jedoch wurden dadurch weitgehend beseitigt.

Fall 10 Hermann B.

Röntgenbefund: a. p. : 2.LWK um ein Drittel höhengemindert. Sagittalfrakturen, links seitlich ein Fragment abgesprengt, seitlich verbreitert, 3.LWK rechte seitliche Kante abgestaucht. 1.LWK gegenüber 3.LWK um ein Drittel Wirbelkörperbreite nach rechts verschoben; dadurch ergibt sich eine S-förmige Skoliose.

UNFALLHERGANG UND VERLETZUNGSMECHANISMUS

In der Hälfte der Fälle, in welchen Angaben über den Unfallhergang vorhanden waren, ereigneten sich die schweren Berstungsfrakturen bei Stürzen aus großer Höhe. Ein Patient wurde von einem Holzfuhrwerk überfahren, ein anderer von einem umstürzenden Baum an der Schulter getroffen und zu Boden geschleudert. Es sind also erhebliche Gewalteinwirkungen notwendig, um einen Wirbel zum Bersten zu bringen. Ein weiterer Trümmerbruch wurde durch einen Sturz beim Skifahren verursacht. Näheres über den Unfallhergang ist nicht bekannt. Aus der Analyse weiterer Skiunfälle im ersten Teil der Arbeit wissen wir aber, daß hier Stürze in große Tiefen durchaus nicht selten sind. Bei einer zweiundsechzigjährigen Patientin kam es bei der Obsternte durch einen Sturz von der Leiter zur Berstung eines Lendenwirbels. Wahrscheinlich ist hier die beginnende Osteoporose für das Zustandekommen einer so schweren Verletzung auf Grund eines nicht allzuschweren Unfallereignisses verantwortlich zu machen. Eine Rolle dürfte dabei auch gespielt haben, daß es bei dem Alter der Patientin wohl zu keinem Abfangen des Sturzes durch muskuläre Abwehrreaktionen kam.

Die Tatsache, daß sich schwere Berstungsfrakturen fast ausschließlich am thoracolumbalen Übergang finden, läßt sich folgendermaßen erklären: Die Bandscheiben sind an der Lendenwirbelsäule besonders stark entwickelt. Daher sind sie, solange sie noch ihre volle Elastizität besitzen, imstande, kleinere Gewalteinwirkungen gut abzufedern. Ist die Krafteinwirkung aber sehr stark, so wird die aufgespeicherte elastische Kraft frei und ausgedehnte Zertrümmerungen der Wirbelkörper sind die Folge. Sind die Deckplatten erst einmal eingebrochen und die Bandscheiben tief in die Bruchtrichter vorgefallen, so können die benachbarten Wirbelkörper mit ihren Vorder- und Seitenkanten sich in den verletzten Wirbel einstauchen und Knochenteile absprengen.

Nach HOLDSWORTH kommt die Berstungsfraktur durch eine Kompressionskraft zustande, die axial auf die Wirbelsäule einwirkt. Eine solche Krafteinwirkung ist nur an der Lendenwirbelsäule und der Halswirbelsäule möglich, an Abschnitten also, die gerade gehalten werden können. Bei Stürzen aus großer Höhe, wenn die Verunglückten mit den Beinen oder dem Gesäß auf den Boden aufkommen, ist ein solcher Verletzungsmechanismus durchaus wahrscheinlich. Die bei den Berstungsfrakturen häufig anzutreffenden Bogenbrüche lassen sich so erklären, daß durch starke, axial auf die Wirbelsäule einwirkende Stauchungskräfte der Wirbelkörper birst und seine Fragmente nach allen Seiten herausgepreßt werden. Dabei wird der an den Bogenwurzeln mit dem Wirbelkörper ver-

wachsende Bogen auseinandergedrückt und frakturiert.

Da die Berstung des Wirbelkörpers in vielen Fällen mit Luxation, Torsion oder Einstauchung des frakturkranialen Wirbelkörpers einhergeht, so kommen sicher außer axialen Stauchungskräften noch andere Gewalteinwirkungen in Frage. Auf Grund experimenteller Untersuchungen über die Mechanik der Wirbelsäulenverletzungen kommt RCAF zu dem Ergebnis, daß Kompressionskräfte Frakturen verursachen, während Rotationskräfte zu Dislokationen führen. Durch Hyperextension oder Hyperflexion konnte er niemals eine Ruptur der gesunden Ligamenta hervorrufen. Bevor es zur Zerreißung kam, erlitt der Knochen eine Kompressionsfraktur. Bänderrisse und Dislokationen wurden durch horizontale Abscher- und besonders Rotationskräfte verursacht.

HEILUNGSERGEBNISSE

Die Beurteilung der Heilungsergebnisse erfolgt im wesentlichen nach vier Gesichtspunkten:

- a) vor allem nach der Rückbildung der bei Berstungsfrakturen häufigen Lähmungen,
- b) nach dem statischen Ergebnis und der Beweglichkeit der Wirbelsäule,
- c) nach dem festen Durchbau der Fraktur und
- d) nach den subjektiven Beschwerden.

Lähmungen

Unter den schweren Berstungsfrakturen war in acht Fällen eine Beteiligung des Rückenmarkes oder der Cauda equina nachzuweisen. Darunter befanden sich zwei totale und drei partielle Querschnittslähmungen, in einem Fall bestanden Reflexausfälle und vorübergehende Paresen an den Beinen, in zwei weiteren Fällen konnte auf Grund späterer geringer neurologischer Ausfälle auf eine Beteiligung des Nervensystems geschlossen werden. Eine Abgrenzung von Querschnittslähmungen im strengen Sinn des Wortes gegenüber gemischten Conus-cauda-Läsionen war nur bedingt möglich. Nach EHALT handelt es sich bei Lähmungen, die durch eine Fraktur des 1. LWK entstehen, noch um zen-

trale, bei solchen des 2. bis 5. LWK jedoch um periphere. Da aber die neurologischen Ausfälle nicht allein durch mechanische Läsionen verursacht werden, sondern z. B. auch durch eine traumatische Schädigung der Blutversorgung des Spinalnervensystems ausgelöst werden können, so ist die von EHALT angegebene Unterscheidung nur begrenzt anwendbar.

Komplette Querschnittslähmungen

Ob bei totalen Querschnittslähmungen durch eine Reposition der Fraktur oder eine andere Art von Druckentlastung eine Besserung des Lähmungsbildes erreicht werden kann, erscheint fraglich. Im Fall 4 kam es nach Aufrichtung der Fraktur im ventralen Durchhang zu keiner Besserung. Ob die drei Wochen später durchgeführte Laminektomie einen Erfolg gebracht hätte, kann nicht gesagt werden, da die Patientin zweieinhalb Stunden post operationem an einem Kreislaufschock ad exitum kam.

Unter der gesamten Zahl der untersuchten Wirbelbrüche fanden sich fünf weitere Fälle mit kompletten Querschnittslähmungen - allerdings nicht auf Grund von Beteiligungsfrakturen -, bei welchen eine Laminektomie durchgeführt wurde. Diese sind in Tabelle 3 zusammengefaßt.

	Zeitpunkt der Laminektomie	gehfähig	Lähmungen	Sensibilitätsausfälle
(1) A.B.	nach 6 Tagen	nein	nicht gebessert	gering gebessert
(2) O.E.	nach 8 Tagen	nein	nicht gebessert	nicht gebessert
(3) Q.J.	nach 3 Wochen	nein	nicht gebessert	nicht gebessert
(4) L.U.	nach 14 Monaten	nein	nicht gebessert	nicht gebessert
(5) P.H.	nach 18 Monaten	mit Apparat	gering gebessert	gering gebessert

TABELLE 3

Laminektomien bei kompletten Querschnittslähmungen

In den ersten vier Fällen bestand mit Sicherheit eine komplette Querschnittslähmung. Im 5. Fall konnte nur auf Grund unsicherer anamnestischer Angaben eine totale Querschnittslähmung angenommen werden. Daher soll dieser Fall nicht ausgewertet werden.

Es ergibt sich also, daß in keinem der Fälle eine Gehfähigkeit oder auch nur eine Besserung der Lähmungen erreicht wurde. Die Sensibilitätsausfälle zeigten nur bei einem Patienten geringe Besserung. Somit kann gesagt werden, daß die Laminektomie bei den kompletten Querschnittslähmungen erfolglos war.

Nach einer Zusammenstellung von PAMPUS und KAHL erscheint die Laminektomie bei totalen Querschnittslähmungen nicht ganz so aussichtslos. Allerdings stellt sich hier die Frage, ob wirklich in allen Fällen eine vollständige Querschnittsläsion vorlag, da es ja schwierig ist, ihre Diagnose in den ersten Tagen mit Sicherheit zu stellen.

Von 8 Patienten sind 3 gestorben; von den restlichen 5 waren nach der Laminektomie 2 gehfähig,
3 nicht gehfähig.

Die Sensibilitätsstörungen wurden 2 mal wesentlich gebessert,
1 mal teilweise gebessert und
2 mal nicht gebessert.

Die Lähmungen bildeten sich 1 mal vollständig,
3 mal teilweise und
1 mal nicht zurück.

Partielle Querschnittslähmungen

Im Falle 5 der Kasuistik fanden wir nach einer Behandlung durch Flachlagerung ein Zurückgehen der Lähmungen beider Beine und Mastdarminstörungen bis auf unbedeutende Reste (Ausfall eines Sehnenreflexes und segmentäre Hypästhesie). Ein anderes Mal (Fall 6) bildeten sich Paresen beider Beine mit Blasen- und Mastdarmlähmung bei Flachlagerung in Extension bis auf eine hypästhetische Zone und eine geringe Muskelschwäche völlig zurück. Dies mag zum Teil mit der günstigen Regenerationsfähigkeit der Nervenwurzeln der Cauda equina (HOLDSWORTH, DECOULX) zusammenhängen -es handelte sich um eine Fraktur des 2. LWK-; andererseits nützt aber auch eine noch so

gute Erholungsfähigkeit der Nervenwurzeln nichts, wenn eine starke Kompression zu lange besteht. Durch die Flachlagerungsbehandlung auch mit schwacher Extension, die im Falle 6 keine Aufrichtung der Fraktur herbeiführen konnte, überläßt man es weitgehend dem Zufall, ob die Cauda equina einer schädigenden Druckeinwirkung zu lange ausgesetzt ist oder nicht. Bei Durchsicht sämtlicher Wirbelfrakturen sahen wir nur selten eine so erfreuliche Rückbildung der Lähmungen unter der Behandlung nach MAGNUS, wie in den Fällen 5 und 6.

Durch eine Aufrichtung der Fraktur nach BÖHLER kann zwar in den meisten Fällen die ursprüngliche Lichtung des Wirbelkanals wiederhergestellt werden, doch besteht gerade bei Berstungsfrakturen die Gefahr, daß Knochenfragmente gegen das Rückenmark gepreßt werden.

Hat sich ein Hämatom in den Rückenmarkshäuten entwickelt, so kann man durch die Aufrichtung des Wirbelkörpers allein keine genügende Druckentlastung herbeiführen. Im Falle 7 waren die motorischen und sensiblen Ausfälle innerhalb der ersten 24 Stunden so progredient, daß man sich zur Laminektomie entschloß. Es konnte ein epidurales Hämatom beseitigt werden. Durch die anschließende Reposition des nach dorsal verschobenen Wirbelkörpers wurde eine weitere Entlastung des Spinalnervensystems erreicht. Der Patient kann heute wieder sämtliche Muskeln bewegen.

Zu vorübergehenden Paresen des rechten Beines kam es während der Behandlung im Fall 2. Die Fraktur wurde 12 Tage nach dem Unfall noch aufgerichtet, sinterte aber später wieder etwas zusammen. Es liegt nahe, daß die neurologischen Erscheinungen durch Verschiebung von Bruchstücken ausgelöst wurden.

Um über die Erfolgsaussichten der Laminektomie bei partiellen Querschnittslähmungen ein genaueres Bild zu erhalten, wurden in Tabelle 4 alle weiteren einschlägigen Fälle aus dem gesamten untersuchten Material an Wirbelfrakturen zusammengestellt. Dabei fanden sich sechs Laminektomien wegen teilweiser Querschnittslähmung. Ein Fall soll nicht verwertet werden, da nicht gesagt werden kann, ob die eingetretene Besserung allein dem vorausgegangenen Durchhang in Extension oder auch der Wirbelbogenentfernung zugeschrieben werden muß.

	Zeitpunkt der Lamin- ektomie	gehfähig	Lähmungen	Sensibili- tätsstörungen
(1) W. G.	sofort	ja	wesentlich gebessert	wesentlich gebessert
(2) D. L.	nach 9 Tagen	ja	geheilt	geheilt
(3) D. H.	nach 4 1/4 Monaten	nein	teilweise gebessert	teilweise gebessert
(4) P. A.	nach 5 Monaten	mit Apparat	gering gebessert	gering gebessert
(5) N. J.	nach 5 Monaten	mit Apparat	nicht gebessert	nicht gebessert

TABELLE 4

Laminektomien bei partiellen Querschnittslähmungen

Von den in Tabelle 4 aufgeführten Patienten konnten zwei als gehfähig, davon einer als geheilt und einer als wesentlich gebessert bezeichnet werden, was die motorischen und sensiblen Ausfälle betraf. Zwei Patienten waren mit Apparat gehfähig, einer nicht. Die Lähmungen und Sensibilitätsstörungen der drei letztgenannten Patienten waren einmal als nicht, einmal als gering und einmal als teilweise gebessert zu bezeichnen.

In vier von fünf Fällen wurde also eine Besserung der Lähmungen und Sensibilitätsstörungen erreicht, in keinem trat eine Verschlechterung ein. Vollständige Heilung oder wesentliche Besserung wurde bei frühzeitiger Laminektomie erreicht.

Statik und Beweglichkeit der Wirbelsäule

Nach der Behandlung der Lähmungen ist die Erreichung einer statisch befriedigenden Ausheilung der Fraktur von entscheidender Bedeutung, besonders im Hinblick auf die sonst später auftretenden, quälenden Schmerzzustände.

Alle Patienten, bei welchen die Fraktur nicht aufgerichtet wurde, zeigen Gibbusbildungen und skoliotische Knickungen von 15 Grad und mehr (Fall 1, 3,

5, 6 und 8). Besonders hervorgehoben werden müssen zwei Fälle wegen ihres ausgesprochen schlechten statischen Ausheilungsergebnisses: Bei der Patientin H.R. (Fall 3) ist es nach eineinhalb Jahren zu einer vollständigen Luxation des verletzten Wirbelkörpers nach ventral und lateral gekommen, so daß sich Th11 und Th12 in der seitlichen Aufnahme fast auf selber Höhe abbilden. Im Fall 8 ist der 3. LWK keilförmig abgedrängt und mit den Nachbarwirbeln in einer kyphoskoliotischen Verbiegung verblockt.

Durch eine erst später hinzugekommene Osteoporose sinterte bei einem anderen Patienten (Fall 5) ein schwer frakturierter Wirbel weiter zusammen, so daß sich der seitliche Gibbuswinkel von 24 Grad auf 45 Grad verstärkt hat.

In zwei Fällen (5 und 6), die eine statisch ungünstige Ausheilung zeigten, wurde die Flachlagerung nur über zweieinhalb Monate hin durchgeführt.

Auch sinterte eine reponierte und im Gipskorsett für sieben Monate fixierte Fraktur des 2. LWK teilweise wieder zusammen. Durch zunehmende Abstützungsvorgänge kam es dann zu einer Festigung des Verletzungsbereiches mit einem seitlichen Gibbus von 15 Grad. Der Bruch wurde allerdings erst 12 Tage nach dem Unfall behandelt. Der Wirbel war in mehr als drei Teile zerborsten, außerdem bestanden am 1. und 2. Lendenwirbel Bogenfrakturen. Da bei solch schweren Frakturen durch das Eindringen von Bandscheibengewebe in die tiefen Bruchspalten ein späteres Zusammensintern nie ganz ausgeschlossen werden kann, erscheint es günstig, die aufgerichtete Fraktur zu verspannen. Im Fall 7 konnten im ventralen Durchhang die starken Achsenknickungen weitgehend ausgeglichen werden. Da durch die Laminektomie der Verletzungsbezirk in seiner Stabilität aber noch weiter beeinträchtigt war, mußte eine Spanversteifung vorgenommen werden. Zwar soll eine Ausheilung des Verletzungsbezirkes mit möglichst geringer Beweglichkeitseinschränkung angestrebt werden, doch ist ein versteifter Wirbelsäulenabschnitt günstiger als eine unstabil ausgeheilte Wirbelfraktur.

Angaben über Beweglichkeitseinschränkung der Wirbelsäule waren in vier Fällen (1, 5, 6 und 9) vorhanden. Drei davon wurden mit Flachlagerung behandelt (1, 5, 6). Die Beweglichkeit war zweimal erheblich eingeschränkt und zwar bei den Patienten (5, 6), deren Frakturen nur etwa zweieinhalb Monate ruhiggestellt wurden. Bei einem der beiden Fälle (6) bestand außerdem eine starke Osteoporose. Da diese Wirbelfrakturen meist sehr schmerzhaft sind, kann angenommen werden, daß der Gibbusabschnitt zum Teil wegen der mit den Bewegungen verbundenen Schmerzen fixiert gehalten wurde. Einmal war die Beweglichkeit mäßig (1) und einmal endgradig eingeschränkt (9). In letzterem Falle konnte jedoch durch Röntgenaufnahmen ein abnormer Bewegungsablauf nachgewiesen werden.

Durchbau der Fraktur

Bei schweren Bandscheibentrakturen muß mit etwa sechs Monaten und mehr bis zur Konsolidierung des verletzten Bezirkes gerechnet werden. Die Kallusbildung geht sehr langsam von statten. Nach pathologisch-anatomischen Untersuchungen von Leß können Bruchspalten, in die Bandscheibengewebe vorgefallen ist, nicht knöchern überbrückt werden (siehe Fall 6). Daraus ergibt sich bei Bandscheibentrakturen eine erhöhte Gefahr des Wiederauftretens der aufgerichteten Fraktur. Trotzdem wird bei genügend langer und exakter Ruhigstellung des Bruches die Konsolidierung des verletzten Wirbelsäulenbezirkes durch reaktive Abstützungsvorgänge, teilweise durch Verknöcherung mit verletzter Bänder und fibrose Umwandlung des Bandscheibengewebes erreicht (LEGER).

Im Fall 4, bei dem die Fraktur nicht aufgerichtet wurde, hat die Höhenminderung zwei Jahre nach dem Unfall etwas zugenommen. Auch sind die trichterförmigen Grund- und Deckplatteneinbrüche nicht knöchern überbrückt. Es ist jedoch zu starken Abstützungsvorgängen in Form von großen schnabelförmigen, an Bruchentpannen ausgebildeten Randzacken gekommen, so daß eine Stabilität der Fraktur bei deutlicher Gibbusbildung und geringer skoliotischer Knickung erreicht wurde.

Auch eine Verlorengehung in Kyphoskoliotischer Verbiegung zeigt, daß es zu erheblichen reaktiven Verknöcherungen kommen kann (Fall 8).

Daß trotz ausgesprochener Zerrammerung und Laminektomie ein fester Durchbau der Fraktur und eine Stabilisierung des Verletzungsbezirkes zu erreichen ist, zeigt der Fall 7 (vgl. Abb. 7 und 8). Vier Monate nach der Laminektomie wurde eine Spannanlagerung durchgeführt. Die Fraktur wurde insgesamt siebenmonatlich durch ein Gipskorsett oder eine -liegeschale ruhiggestellt.

Einen schlechten Befund bietet der Fall 5, in dem der geborstene Wirbel im Laufe der späteren Jahre auf Grund einer Inanitionsosteoporose erheblich weiterzusammengesintert ist.

Subjektive Beschwerden

In allen Fällen, in welchen Angaben über Kreuzschmerzen vorhanden waren, war die Fraktur in erheblicher Fehlstellung ausgeheilt. Für die Genese der Schmerzen kommen hauptsächlich folgende Ursachen in Betracht:

Durch die veränderte Wirbelsäulenstatik kommt es zu einer Stellungsänderung

und Überbelastung der kleinen Wirbelgelenke unterhalb und oberhalb der Frakturstelle, was wiederum arthrotische Veränderungen zur Folge hat (M. LANGE).

In den Fällen, in welchen die Patienten über stärkere Kreuzschmerzen erst nach körperlicher Anstrengung klagen, sind diese wohl auch auf eine Überbeanspruchung der Rückenmuskulatur auf Grund des stark geschädigten Wirbelsäulengefüges zurückzuführen (Fall 1 und 6). Dafür spricht, daß im Fall 6 Hartspann und Muskelhärtungen im Bereich der Rückenstrecker, besonders in Höhe des Bruchgebietes, bestanden. Außerdem zeigten sich noch leichte arthrotische Veränderungen an den kleinen Wirbelgelenken im Verletzungsbereich.

Durch starke Dorsalverschiebung oder abnorme Kallusbildung kann es zu einer Einengung des Foramen intervertebrale und damit zur Irritation der Nervenwurzeln kommen. Typisch hierfür ist die segmentäre Ausbreitung des Schmerzes.

Die fast ständigen Schmerzen einer Patientin auf Grund einer instabilen Fraktur konnten durch Spannung weitgehend beseitigt werden (Fall 9).

Nach HIPP kann es infolge von Bandscheibenoperationen zu Wurzelverwachsungen und Narbenbildungen kommen, die für Kreuzschmerzen und ausstrahlende Schmerzen verantwortlich zu machen sind. Ähnliche Veränderungen können wohl auch nach Wirbelfrakturen entstehen. Diese Verwachsungen der Wurzelscheiden und auch des Caudasackes lassen sich im Myelogramm nachweisen (HIPP).

In vielen Fällen wird die Ursache der Schmerzen in mehreren Faktoren zu suchen sein. Fall 8 zeigt eine in erheblicher Torsions- und Luxationsstellung verblockte Fraktur, bei der sowohl ein Druck auf eine Nervenwurzel durch knöcherne Teile, als auch Verwachsungen der Wurzelscheiden, eine Überlastung der Rückenmuskulatur und arthrotische Veränderungen der kleinen Wirbelgelenke für die Genese der Schmerzen in Frage kommen.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Berstungsfrakturen am thoracolumbalen Übergang heilen unter konservativer Behandlung meist mit erheblicher Fehlstatik aus. Degenerative Veränderungen entwickeln sich, die erhebliche Schmerzen zur Folge haben können. Berstungsfrakturen ohne Rückenmarksbeteiligung sollen so früh als möglich nach der Methode von BÖHLER reponiert werden und hinreichend lange ruhiggestellt werden.

Bei partiellen Querschnittslähmungen, besonders wenn sie progredient sind, ist die Laminektomie indiziert. Sie soll möglichst frühzeitig durchgeführt werden. Die Fraktur soll anschließend auf dem LANGE-Tisch eingerichtet werden. Die Reposition nach der Laminektomie ist für das Rückenmark ungefährlicher, da es nun mehr Ausweichungsmöglichkeiten besitzt.

Beim Bestehen von neurologischen Ausfällen, die nur für eine Teilschädigung sprechen kann ein sofortiger Aufrichtungsversuch durchgeführt werden, der jedoch bei ausgedehnten Bänderrupturen die Gefahr einer weiteren Rückenmarksschädigung mit sich bringt. Bilden sich die Lähmungen nach der unblutigen Reposition nicht zurück, so ist eine baldige Freilegung des Bruchgebietes indiziert.

Beim Vorliegen eines kompletten Querschnittsbildes kann durch die Laminektomie nach unseren Beobachtungen keine Besserung erzielt werden.

Zur stabilen Ausheilung der Fraktur ist eine exakte Ruhigstellung im Gipskorsett für etwa sechs Monate erforderlich. Ist eine Stabilisierung des verletzten Bezirkes nicht zu erwarten, so soll, insbesondere nach ausgedehnten Laminektomien, eine operative Verspannung vorgenommen werden.

Durch eine frühzeitige Aufrichtung der Fraktur soll eine möglichst geringe Beeinträchtigung der normalen Wirbelsäulenstatik erreicht werden.

Zum Schluß meiner Arbeit erfülle ich die angenehme Pflicht, Herrn Priv. - Doz. Dr. med. E. Hipp für die Zuweisung des Themas und die guten Ratschläge bei der Arbeit aufrichtig zu danken.

LITERATURVERZEICHNIS

- Baumgartner, W.: Skilauf und Wirbelsäule
Münchn. Med. Wschr. 103. Jg. Nr. 10, 505, 1961
- Böhler, J.: Sollen Wirbelbrüche mit Lähmungen reponiert werden?
Langenbecks Archiv klin. Chir. 71. Tagung Dtsch. Ges. Chir. München 279, 222, 1954
Die Behandlung traumatischer Querschnittsgelähmter
Wien. klin. Wschr. 65, 655, 1963
- Böhler, L.: Die Technik der Knochenbruchbehandlung
12.-13. Auflage, Band 1, Maudrich, Wien 1951
Ergänzungsband zur 12.-13. Auflage, 1963
- Bürkle de la Camp, H.: Die Unfallchirurgie der Wirbelsäule
Hefte z. Unfallhk. H. 66, 112, 1960
- Clairmont, P.: Über Wintersportverletzungen
Dtsch. med. Wschr. 57, 2061 u. 2097, 1931
- Comarr, A. E. - A. A. Kaufmann:
zitiert nach Schlegel
- Crutchfield, W. G. - E. C. Schultz:
Fractures and Dislocations of the Spine
Amer. J. Surg. 75, 219, 1948
- Davis, L.: A study of 762 patients with spinal cord injuries
J. Bone Joint Surg. 34-B, 156, 1952
- Dawson, B. H.: Paraplegia due to spinal epidural haematoma
J. Neurology, Neurosurgery, Psychiatry 26, 171, 1963
- Decker, K.: Klinische Neuroradiologie
Thieme, Stuttgart 1960, S. 482 (Die Verletzungen der Wirbelsäule)
- Decoulx, P.: Traitment operatoire des Fractures du rachis dorso-lombaire
Langenbecks Arch. klin. Chir. 298, 197, 1961
- Driesen, W.: Die Behandlung der mit einer Querschnittslähmung einhergehenden Wirbelfrakturen
Dtsch. med. Wschr. 81, 1416, 1956

- Ehalt, W. : Das Trauma der Wirbelsäule und seine Spätfolgen
Wien. med. Wschr. 104, 649, 1954
- Zur Behandlung der Wirbelbrüche mit Querschnittslähmung
Hefte Unfallhk. 43, 111, 1952
- Ehalt, W. - A. Titze: Behandlung von Querschnittsgelähmten
Chirurg 28, H. 6, 269, H. 7, 319, 1957
- Flinder - Hansens: zitiert nach Hopf
- Förster, O. : zitiert nach Ehalt u. Titze
- Goecke, C. : Das Verhalten der Bandscheiben bei Wirbelverletzungen
Z. orthop. Chir. 55, Beil.-H., 291, 1932
- Guttmann, L. : Behandlung und Rehabilitation bei Rückenmarksläsionen
Schw. Med. Wschr. 88, 511 u. 539, 1958
- Fehler und Gefahren bei der Frühbehandlung der traumatischen Querschnittslähmung
Langenbecks Archiv klin. Chir. 298, 184, 1961
- Hagelstam, L. : zitiert nach Schlegel
- Haumann, W. : Wirbelbrüche und ihre Endergebnisse
Enke, Stuttgart 1930
- Hipp, E. : Diagnostische Überlegungen bei Kreuz- und Ischiasschmerzen nach Bandscheibenoperationen
Zschr. Orthop. 94, 51, 1961
- Die diagnostische Bedeutung der Myelographie bei Kreuz- und Ischiasschmerzen
Zschr. Orthop. 92, 25, 1960
- Die Bedeutung von Kontrastmitteluntersuchungen für die Begutachtung bei Wirbelsäulen- und Gefäßschäden
Münchn. Med. Wschr. 105, 1083, 1963
- Mechanische Faktoren als Ursache einer Hämatomyelie
Zschr. Orthop. 89, 309, 1958
- Hipp, E. - W. Keyl: Atlas- und Axisfrakturen
Fortschr. d. Med. 81, 589, 1963
- Holdsworth, F. W. : Fractures, dislocations and fracture-dislocations of the spine
J. Bone Joint Surg. 45-B, 6, 1963

- Holzer, F. J. - K. Kloss:
Tödliche Wirbelsäulenverletzungen
Wien, klin. Wschr. 74, 125, 1962
- Hopf, A. :
Verletzungen der Wirbelsäule
aus dem Handbuch der Orthopädie Bd. 2
Thieme, Stuttgart 1958
- Organische Grundlagen der posttraumatischen Wirbelsäuleninsuffizienz
Verh. Dtsch. Orthop. Ges. 47. Kongr., 93, 337, 1959
- Jellinger, K. :
Die pathologische Anatomie und Histologie der Rückenmarkstraumen
Wien, klin. Wschr. 75, 566, 1963
- Jonas, A. F. :
Spinal fractures. Opinions based on observations of sixteen operations
J. Amer. Med. Ass. 57, 859, 1911
- Junghanns, H. :
Wirbelsäule
aus dem Handbuch der gesamten Unfallheilkunde
(Bürkle de la Camp, H. -M. Schwaiger) Bd. 2, 3. Aufl.
Enke, Stuttgart 1966
- Kahn, E. A. :
On spinal-cord injuries
J. Bone Joint Surg. 41-A, 6, 1959
- Kent, H. :
zitiert nach Meinecke
- Klaue, R. :
Beitrag zur pathologischen Anatomie der Verletzungen des Rückenmarkes mit besonderer Berücksichtigung der Rückenmarkskontusion
Archiv f. Psychiatrie u. Zschr. Neurologie 180, 206, 1948
- Lang, F. :
Ärztliche Bemerkungen zu der Statistik der Wirbelbrüche
Zschr. Unfallmed. Berufskrankh. Zürich 42, 34, 1949
- Lange, M. :
Die Wirbelgelenke
2. Auflage, Enke, Stuttgart 1936
- Grundlagen der Beurteilung von Wirbelsäulenverletzungen und -erkrankungen
Hefte Unfallhk. H. 41, 1951

- Lange, M. : Lehrbuch der Orthopädie und Traumatologie
Bd. 1, Enke, Stuttgart 1960
- Orthopädisch-chirurgische Operationslehre
2. Auflage, J. F. Bergmann, München 1962
S. 186 u. S. 241
- Laubenthal, F. : Leitfaden der Neurologie
6. Auflage, Thieme, Stuttgart 1956
- Leger, W. : Die Begutachtung der verletzten Wirbelsäule
Verh. Dtsch. Orthop. Ges. 47. Kongreß, 93, 325, 1959
- Liechti, A. : Die Röntgendiagnostik der Wirbelsäule und ihre Grundlagen
Springer, Wien 1948, 2. Auflage
- Lindemann, K. - H. Kuhlendahl:
Die Erkrankungen der Wirbelsäule
Enke, Stuttgart 1953
- Lob, A. : Die Wirbelsäulenverletzungen und ihre Ausheilung
2. Auflage, Thieme, Stuttgart 1954
- Über den heutigen Stand der Behandlung der Wirbelbrüche
Dtsch. Med. Journal 6, 413, 1955
- Loew, F. - H. D. Herrmann:
Die Verletzungen von Rückenmark und spinalen Nerven-
wurzeln
aus dem Handbuch der gesamten Unfallheilkunde
(Bürkle de la Camp, H. - M. Schwaiger) Bd. 2, 716,
3. Auflage, Enke, Stuttgart 1966
- Magnus, G. : Die Behandlung und Begutachtung des Wirbelbruches
Arch. orthop. Chir. 29, 277, 1931
- Marberger, H. : Die Skiunfälle und deren Behandlung
Die Medizinische 1952, Nr. 4, 110 u. Nr. 5, 146
- Maus, T. - H. Krüger: zitiert nach Jellinger
- Meinecke, F. W. : Über die Behandlung von Querschnittslähmungen
Med. Welt 23, 1281, 1960
- Nicoll, E. A. : Fractures of the dorsolumbar spine
J. Bone Joint Surg. 31-B, Nr. 3, 376, 1949

- Oehlecker, F. : Ein Wirbelbruch mit zunehmender Lähmung als Ausnahmefall früh operiert
Zbl. Chir. 59, 1274, 1932
- Pampus, F. - R. I. Kahl: Die Indikationen zu plastischen Operationen der Wirbelsäule bei Erkrankungen und traumatischen Schädigungen des spinalen Nervensystems und unsere Erfahrungen mit heteroplastischen Spänen
Zbl. Neurochir. 25, 50, 1963
- Platzgummer, H. : Erfahrungen bei der Behandlung von Skiverletzungen
Sportarzt und Sportmedizin 15, 329 u. 368, 1964
- Püschel, J. : Der Wassergehalt normaler und degenerierter Zwischenwirbelscheiben
Beitr. path. Anat. 84, 123, 1930
- Roaf, R. : A study of the mechanics of spinal injuries
J. Bone Joint Surg. 42-B, 810, 1960
- Rossier, A. - U. Brunner: Zur initialen Behandlung der frischen traumatischen Querschnittsläsionen
Schw. Med. Wschr. 94, 362, 1964
- Rutscheid, F. : Kritisches zu den Spanoperationen der Wirbelsäule
Verh. Dtsch. Orthop. Ges. 45. Kongr. 90, 441, 1957
- Scheid, W. : Lehrbuch der Neurologie
Thieme, Stuttgart 1963
- Schinz - Baensch - Friedl - Ühlinger: Lehrbuch der Röntgendiagnostik
5. Auflage, Bd. 2, Thieme, Stuttgart 1952
- Schlegel, K. F. : Die Behandlung der Lähmungen nach Wirbelbrüchen
Med. Klin. 53, 1326, 1958

Neurologische Komplikationen bei Wirbelsäulenerkrankungen
aus dem Handbuch der Orthopädie Bd. 2, S. 802,
Thieme, Stuttgart 1958

Schmieden, V. - L. Mahler:

Die Verletzungen der Wirbelsäule

Vorträge aus der prakt. Chirurgie 2, Enke, Stuttgart 1935

Schmorl, G. - H. Junghanns:

Die gesunde und die kranke Wirbelsäule in Röntgenbild
und Klinik

3. Auflage, Thieme, Stuttgart 1953

Simmons, B. :

Röntgendiagnostik der Wirbelsäule

G. Fischer, Jena 1939

Tönnis, D. :

Rückenmarkstrauma und Mangel durchblutung

Beiträge zur Neurochirurgie 5, J. A. Barth, Leipzig 1963

Übermuth, H. :

Bandscheibenschäden als Unfall und Berufskrankheit

Zbl. Chir. 78, 737, 1953

Weber, E. :

Die Indikation zur Laminektomie nach Wirbelfrakturen

unter besonderer Berücksichtigung der Spätlaminektomie

Msschr. Unfallhk. 65, 307, 1962

Witt, H. N. :

Klinik und Therapie der Wirbelsäulenverletzungen

Verh. Dtsch. Orthop. Ges. 47. Kongr. 93, 273, 1959

LEBENS LAUF

Am 10. Januar 1940 wurde ich, Peter Krammer, als Sohn des praktischen Arztes Dr. med. Ludwig Krammer in München geboren. Von 1946-1950 besuchte ich die Volksschule in Ingolstadt, anschließend bis 1959 das dortige humanistische Gymnasium. Das Abitur legte ich 1960 am Ludwigsgymnasium in München ab. Ich begann im Wintersemester 1960/61 das Studium der Medizin an der Ludwig-Maximilians-Universität in München, an der ich bis zum Wintersemester 1966/67 studierte. Im Wintersemester 1961/62 legte ich dort das Vorphysikum und im Wintersemester 1963/64 das Physikum ab. Das medizinische Staatsexamen habe ich am 4. Juli 1967 abgeschlossen.

